

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. GENERALIDADES.

La infraestructura viaria, al ser una obra pública, tiene como finalidad el servicio a la sociedad. Los accidentes de circulación suponen un elevado coste social, por lo que resulta más económico y eficaz recopilar datos, analizar la información y proponer soluciones factibles lo cual justifica profundizar en las variables asociadas a la ocurrencia de dichos accidentes; el conocimiento de éstas es fundamental para la mejora de las circunstancias que pueden concurrir en un accidente.

Teniendo una carretera ideal, en la que para cualquier accidente que se produzca, no pueda atribuírsele contribución alguna al diseño, estado de conservación o a los elementos de seguridad de la vía, dejando de esta manera solo aquellos factores aleatorios que deben enlazarse para originar un siniestro, resulta que la probabilidad de que ocurra un accidente en cualquier tramo de la ruta, es igual para todos los tramos de la misma.

Con esta hipótesis se elimina el factor vía de los sucesos que concurren en los accidentes, dejando solo aquellos factores puramente aleatorios, identificados como el vehículo y el hombre. Estos factores presentan aleatoriedad en el tiempo y espacio, por lo que los eventos deben distribuirse homogéneamente a lo largo de la vía.

Luego, si a la vía ideal se le adiciona un tramo singular, como comúnmente existen en nuestro medio, en el cual existan defectos de diseño, mantenimiento o falencias en sus dispositivos de seguridad, que razonablemente generen un mayor riesgo al tránsito, aumenta la probabilidad de que en dicho tramo el índice de accidentes sea mayor al promedio de la vía.

Un elemento indispensable para disminuir la siniestralidad vial es establecer con precisión la ubicación y magnitud del problema. Es decir obtener un adecuado

diagnóstico de la situación actual. En particular, los problemas de seguridad vial pueden resolverse en forma racional y la base para su solución debe considerarse de interés público.

Los accidentes de tránsito tanto con sus tasas de mortalidad, como con los daños a bienes, constituyen un severo y creciente inconveniente con consecuencias directas e indirectas, por tanto, los problemas de seguridad y riesgos asociados abarcan los más diversos ámbitos y campos de aplicación y estudio.

Considerando que la fuentes o factores significativos en la generación de accidentes de tránsito está constituida por factores como: a) vehículos, b) factor humano (conductores, peatones) y c) ambiente (vía, medio ambiente, clima, reglamentaciones, etc.), es muy común que en el análisis de estas cuestiones, se mencionen aspectos referidos solamente a conductas de los conductores individuales, como manejar alcoholizado, o a altas velocidades o distintas situaciones referidas al comportamiento de los individuos. Sabemos obviamente que estas conductas y otras que violan evidentemente normativas básicas de tránsito son fuentes esenciales en la aparición de accidentes. Sin embargo, el estudio profundo de accidentes, pone de relieve otras variables a tener en cuenta, como cada una de las características de los accidentes y su ocurrencia en determinadas rutas.

## **1.2. JUSTIFICACIÓN.**

Un elemento indispensable para disminuir la siniestralidad vial es establecer con precisión la ubicación y magnitud del problema. Es decir obtener un adecuado diagnóstico de la situación actual.

Teniendo datos y estadísticas se puede ver que los accidentes de tránsito son muy significativos tanto en el país como en nuestra ciudad por este motivo se realizará este estudio en una de las vías más importantes de Tarija, “Av. Panamericana” concluyendo en el Acceso Norte y Sur de la ciudad ya que esta avenida es una de las más transcurridas de la ciudad y pueden verse deficiencias y mayor riesgo de

accidentes en los accesos debido al ingreso de vehículos pesados y livianos. Por esto se propone realizar un estudio con el fin de determinar e identificar los puntos y tramos de mayor riesgo y analizar las características de los accidentes de tránsito, para determinar el riesgo y las causas significativas en los diferentes tramos de este estudio.

Es indispensable contar con una metodología apropiada para identificar y determinar fehacientemente las causas que intervienen en la predicción de los Accidentes de Tránsito para aplicar en zonas urbanas y de esta forma proponer las medidas preventivas correspondientes tendientes a evitar o disminuir su ocurrencia.

Con la elaboración de este estudio se pretende definir y establecer técnicas para la detección de tramos de concentración de accidentes o de riesgo habitualmente utilizados que se ajustan a la realidad de la información disponible para la ruta vial en estudio. También se pretende realizar un análisis que permitan valorar las características de los accidentes de tránsito ocurridos en esta ruta.

Los resultados obtenidos serán de gran importancia ya que será una base de datos para establecer y tener un diagnóstico preciso del estado de transitabilidad vehicular en esta ruta vial además de analizar los distintos factores que conlleva un accidente para determinar las ubicaciones más peligrosas en toda la ruta y sus causas.

En definitiva, es determinar una guía del riesgo de este tramo, para que las instituciones que correspondan realicen acciones sobre las condiciones de la vía, proporcionando a las administraciones la información necesaria para determinar las prioridades de actuación en este tramo y sus accesos a la ciudad.

Si bien no se puede llegar a tomar acciones necesarias para cambiar y mejorar de manera total los problemas existentes en tantas vías de la ciudad como la que está en estudio, se pretende tener una guía para encaminar dichas acciones y un análisis que permita poner en práctica las metodologías aquí usadas para otros puntos de la ciudad para de esta manera concientizar a nuestras autoridades, con estudios como este que son de gran importancia, para que éstas hagan un mejoramiento, tanto en

infraestructura como en medidas de seguridad, en este tramo como en otros en un futuro, donde se tome en cuenta varios factores que influyen para un buen diseño en cuanto a rutas urbanas con visión al crecimiento que se tiene día a día en nuestro departamento.

Asimismo se pretende tener datos establecidos y soluciones o metodologías que sirvan como guía de apoyo para cualquier otro tipo de estudio relacionado a la evaluación de accidentes, incorporando nuevas metodologías o tipos de estudio y poniéndolos en práctica para determinar su eficacia.

### **1.3. PROBLEMA.**

El problema del análisis de accidentes en la ciudad de Tarija es que se cuenta con poca información además que esta no está procesada y menos incorporada en un análisis ingenieril, por ello es importante establecer los elementos ingenieriles necesarios y metodologías adecuadas para evaluar la accidentalidad en nuestra ciudad, para así poder plantear soluciones al existente riesgo de accidentes que se tiene en los “**Accesos Norte y Sur de la ciudad de Tarija y su recorrido por la Vía Panamericana**”, debido a que esta vía es de gran importancia entre las rutas urbanas de la ciudad y sus accesos a esta, se pretende minimizar cualquier tipo de inconveniente existente para los usuarios que la transitan ya que por ser este un acceso a la ciudad se tiene tanto tránsito liviano como pesado lo cual aumenta el riesgo a los inconvenientes o siniestralidades que ocurren eventualmente.

### **1.4. OBJETIVOS.**

#### **1.4.1. OBJETIVO GENERAL**

Realizar una evaluación de los riesgos de accidentes aplicado desde el Acceso Norte al acceso Sur de la ciudad a través de la Avenida Panamericana, identificando y localizando los tramos de concentración de accidentes y puntos negros de mayor riesgo.

#### 1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un análisis de los aspectos de la Accidentología Vial, disponer de instrumentos conceptuales que nos permitan entender, explicar y decidir con mayor conocimiento para aplicar al estudio a realizar.
- Identificar el área de estudio seccionando por tramos la ruta a ser analizada, para determinar los parámetros necesarios para el estudio.
- Obtener un procesamiento adecuado de la base de datos de accidentes, realizando planillas y tablas que ayuden a la aplicabilidad de los métodos ingenieriles para la evaluación de la accidentalidad.
- Realizar un análisis estadístico de los datos generales de los accidentes, tomando las características más significativas de cada accidente, para determinar las principales causas y consecuencias de estos.
- Establecer las metodologías necesarias para determinar los tramos de concentración de accidentes, analizando comparativamente cada uno de métodos encontrados, para así determinar la correcta utilización de estos métodos aplicados a la ruta de estudio, lo cual facilitará la adaptación de dichas metodologías a nuestro medio.
- Identificar y localizar los tramos peligrosos o de concentración de accidentes en toda la ruta de estudio, utilizando las metodologías adecuadas y aplicables a los datos y parámetros establecidos en la ruta de estudio.
- Realizar un mapa de los puntos peligrosos o puntos negros en toda la ruta de estudio para tener a detalle las zonas peligrosas en cuanto a accidentes de tráfico.

### **1.5. ALCANCE.**

El alcance de este estudio es realizar una evaluación del riesgo de accidentes aplicado desde el acceso Sur al acceso Norte de la ciudad de Tarija por la vía Panamericana, realizando un análisis de todo lo conocido teóricamente con lo referente a la Ingeniería de Tráfico y a la Accidentalidad y poniéndolo en práctica a través de las diferentes metodologías que serán estudiadas, las cuales se aplicaran al tramo en estudio, donde se identificarán los tramos de concentración de accidentes (TCA), puntos negros y un análisis de los accidentes y sus características en los tramos peligrosos.

Inicialmente el trabajo contiene una introducción a lo referente con lo que se pondrá en estudio y el problema principal que nos lleva a la elaboración de éste, el porqué lo estamos realizando y el porqué de su importancia, planteando los objetivos que cumpliremos a lo largo de la realización del estudio.

Así mismo se describe los aspectos más importantes de la Ingeniería de Tráfico analizando la evolución que ha tenido durante los años y su importancia en cuanto en la ingeniería de carreteras analizan todos los aspectos que abarcan esta, y realizando un análisis de todos sus parámetros para poder tener un enfoque adecuado al momento de realizar este estudio.

En lo que se refiere a la accidentalidad, se pretende tener conocimiento de esta y sus factores influyentes, debemos tener en cuenta la importancia del análisis de la accidentalidad además de los procesos que se deben seguir para la metodología de este estudio, analizando todos los métodos existentes para la determinación de los tramos de concentración de accidentes a lo largo de toda la ruta en estudio, además realizar también un análisis de los factores y características referentes a los accidentes de tránsito en las zonas peligrosas.

Conociendo todos los parámetros existentes al momento de analizar los factores que conlleva la accidentalidad, tendremos una perspectiva apropiada para la realización del estudio.

También se estudiarán y adaptarán a nuestro medio la forma del procesamiento de la información obtenida de los trabajos de campo.

Es necesario destacar mientras se realiza el análisis de los procesos de la Evaluación de Riesgo de Accidentes se irá desarrollando y adecuando una metodología que sea aplicable en el tramo de estudio: **“DEL ACCESO SUR AL ACCESO NORTE DE LA CIUDAD DE TARIJA POR LA VÍA PANAMERICANA”**

Así mismo se aplicará de forma práctica todo el análisis y la metodología desarrollada anteriormente, efectuándola en la ruta de estudio y obteniendo así todos los estudios que se deben realizar y a la vez nos permita cumplir y alcanzar los objetivos trazados en el presente proyecto.

Se estudiarán los antecedentes del tramo en estudio analizando la situación actual en cuanto a la accidentalidad y el riesgo de que presente y estableciendo la ubicación del mismo.

También pondremos en práctica el análisis de los parámetros de la ingeniería tráfico en este tramo, por otra parte se realizarán los respectivos trabajos de campo, para luego realizar el análisis y la elaboración del informe con todos los resultados obtenidos.

Finalmente se realizará un análisis de todos los resultados obtenidos en la parte práctica donde se desarrolló la debida evaluación en la ruta de estudio encontrando los tramos de concentración de accidentes y sus características en cuanto a accidentalidad. Con lo que finalmente se sacarán conclusiones de los estudios realizados y resultados obtenidos y a la vez se realizará las recomendaciones necesarias sobre el tema en estudio.

## CAPÍTULO II

### ASPECTOS GENERALES DE LA INGENIERÍA DE TRÁFICO

#### 2.1 EVOLUCIÓN 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. Pero ya hacia 1920 el número de vehículos en circulación era lo suficientemente elevado como para establecer medidas de regulación que evitasen las dificultades de circulación.

El objetivo principal de las medidas fue mejorar la seguridad basándose en su comienzo con la práctica de la policía, pronto fue necesario adoptar medidas más eficientes por lo que 1920 y 1930 en los Estados Unidos nace la “*Ingeniería de Tráfico*” con el fin de mejorar la explotación de las redes viarias existentes, pocos años después la Ingeniería de Tráfico se introdujo también en el proyecto de nuevos caminos.

Actualmente el incremento en número y velocidad del tráfico motorizado contribuye a satisfacer los deseos y las necesidades de los habitantes de las ciudades, sin detenerse a analizar que ese es también el causante de uno de los aspectos más conflictivos del sistema urbano en función a su sostenibilidad: la contaminación ambiental en sus diferentes formas, la ocupación extensiva del suelo y la seguridad del tráfico.

Se hace necesaria entonces la planeación integral del transporte: integración del transporte y los usos del suelo, la cual debe abordar la relación entre movilidad/accesibilidad y los modelos de crecimiento urbano. Por tanto se ve la necesidad de la realización de estudios, procedimientos de aplicación de las diferentes

metodologías y desarrollos en este campo cuyo modelo de crecimiento urbano, se manifiesta en la congestión del tráfico vehicular.

## **2.2 OBJETIVOS Y ALCANCE DE LA INGENIERÍA DE TRÁFICO**

El objetivo principal de la Ingeniería de Tráfico es conseguir que la circulación de personas y mercancías sea segura, rápida y económica.

La Ingeniería de Tráfico analiza lo siguiente:

- **Características del Tráfico**

Se utilizan diversas magnitudes que reúnen las características de los vehículos y usuarios. Estas magnitudes son: la velocidad, el volumen, la densidad, la separación entre vehículos sucesivos, intervalos entre vehículos, tiempos de recorrido y demoras, origen y destino del movimiento, la capacidad de las calles y carreteras, se analizan los accidentes, el funcionamiento de pasos a desnivel, terminales, intersecciones canalizadas, etc. Por otro lado se estudia al usuario y todas las reacciones para maniobrar el vehículo.

- **Reglamentación del Tráfico**

Se debe establecer los reglamentos del tránsito, como ser: la responsabilidad y licencias de los conductores, peso y dimensiones de los vehículos, control de accesorios obligatorios y equipo de iluminación, acústicos y de señalamiento. También se debe tomar en cuenta la prioridad de paso, tránsito en un sentido, tiempo de estacionamiento, el control policiaco en intersecciones, sanciones relacionadas con accidentes, etc.

- **Señalamiento y Dispositivos de Control**

Su función principal es la de determinar los proyectos, construcción, conservación y uso de las señales.

- **Planificación Vial**

Es necesario analizar y realizar investigaciones para poder adaptar el desarrollo de las calles y carreteras a las necesidades del tránsito, y de esta manera conocer los problemas que se presentan al analizar el crecimiento demográfico, las tendencias del aumento en el número de vehículos y la demanda de movimiento de una zona a otra. Se debe establecer claramente los objetivos concretos y operacionales que se quiere alcanzar.

### 2.3 SOLUCIÓN AL PROBLEMA DE TRÁFICO

Las soluciones se plantean a partir de un análisis de factores que intervienen en el problema del tránsito, enunciaremos a continuación los factores principales que inciden en el planteamiento de soluciones a los problemas del tránsito:

- 1) **Diferentes tipos de vehículos en la misma vialidad:** Diferentes dimensiones, velocidades y características de aceleración.
- 2) **Superposición del tránsito motorizado en facilidades viales:** Pocos cambios en trazo urbano, carreteras que no han evolucionado.
- 3) **Falta de planificación en el tránsito:** Construcción de vías con especificaciones antiguas.
- 4) **El automóvil no considerado como una necesidad pública:** Falta de apreciación de las autoridades y público en general a la importancia del vehículo automotor.
- 5) **Falta de asimilación por parte del gobierno y del usuario:** Legislación y reglamentos no acordes a la evolución del transporte, falta de educación vial.

Descritos los factores que intervienen en el problema del tránsito, se plantean a continuación los tres tipos de solución que se pueden dar al problema del tránsito:

- **Solución Integral**

Dadas las características del vehículo moderno se plantea construir nuevos tipos de vialidades que sirvan a este vehículo, es decir, que se busca el equilibrio de la oferta y la demanda, este tipo de solución es casi imposible de aplicar en las ciudades actuales porque equivaldría a destruir todo lo existente y construir las vialidades con especificaciones modernas.

- **Solución Parcial de Alto Costo**

Esta solución consiste en realizar cambios necesarios en las vialidades aprovechando al máximo lo que se tiene, cuyos cambios requerirán fuertes inversiones económicas, por ejemplo: ensanchamiento de calles, modificaciones de intersecciones rotatorias, creación de intersecciones canalizadas, sistemas de control automático con semáforos, estacionamientos públicos y privados, etc.

- **Solución Parcial de Bajo Costo**

Consiste en el aprovechamiento máximo de las condiciones existentes, con cambios que requieran poca inversión. En este tipo de solución tiene una gran importancia y participación la reglamentación del tránsito así como la disciplina y educación de parte del usuario.

## **2.4 ELEMENTOS DEL TRÁFICO**

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

### **2.4.1 Los usuarios**

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 Peatón**

Peatón es considerado a toda la población en general, son todas aquellas personas desde un año hasta cien años de edad.

En la mayoría de los casos las calles y carreteras son compartidos por los peatones y vehículos, excepto en la Autopistas el tráfico de los peatones es prohibido. Los accidentes sufridos por peatones se deben a que no respetan las zonas destinadas a ellos, ya sea por falta de conocimiento u otro factor. 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.

- **El Conductor**

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.

Para el estudio de los conductores es necesario conocer el comportamiento o factores que influyen en sus condiciones físicas y psíquicas, sus conocimientos, su estado de ánimo, etc.

Se ha encontrado para el conductor un tiempo mínimo de reacción para actuar que se detallará a continuación:

- 1) Para un vehículo sin movimiento un tiempo promedio de 0.25 seg. , por ejemplo el tiempo de reacción para arrancar el vehículo cuando el semáforo cambia de rojo a verde.
- 2) Para un vehículo sin movimiento en semáforos aislados un tiempo de 0.25 seg.
- 3) Para un vehículo en movimiento en semáforos aislados un tiempo de 0.83 seg.
- 4) En algunos casos podría llegar hasta 2 ó 3 seg.

### **2.5.1 El vehículo**

En ciertos países, la incorporación de mayor cantidad de vehículos no solo ha mejorado el transporte, ya que también ha elevado el nivel económico general del país, por lo que se puede afirmar que la relación de habitantes por vehículo es un indicador para apreciar el progreso de un determinado territorio.

Por lo tanto, es indispensable que cada país mejore las condiciones del transporte para su progreso y de esta manera poder transportar los bienes de consumo desde las fuentes de producción hasta los mercados y de allí comercializarlo a la población.

Actualmente, es inevitable que aumente el número de vehículos cada año, lo que es deseable y conveniente, logrando así reducir más la actual relación de habitantes por vehículo. Por lo tanto, el segundo elemento componente del tránsito, *el vehículo*, irremediablemente va en aumento.

- **Clasificación y del Vehículo de Proyecto**

Vehículo de proyecto es aquel tipo de vehículo hipotético, cuyo peso, dimensiones y características de operación son utilizados para establecer los lineamientos que guiarán el proyecto geométrico de las carreteras, calles e intersecciones, tal que estas puedan acomodar vehículos de este tipo.

Los vehículos se clasifican en 2:

- 1) Vehículos ligeros o livianos.
- 2) Vehículos pesados (Camiones y autobuses).

- **Vehículos ligeros de Proyecto**

Los vehículos ligeros de proyecto pueden ser utilizados en:

- 1) Intersecciones menores en zonas residenciales donde el número de vehículos que realizan vueltas no es significativo.

- 2) Intersecciones mayores que dispongan de carriles de estacionamiento y cruces peatonales demarcados, que obliguen el uso de radios pequeños en las esquinas aun aceptables.
- 3) Áreas urbanas con intersecciones a nivel sobre calles arteriales, siempre que se disponga de carriles de cambio de velocidad y que las vueltas de camiones sea ocasional.

- **Vehículos Pesados de Proyecto**

Los vehículos pesados de proyecto pueden ser utilizados en:

- 1) Terminales de pasajeros y de cargas.
- 2) Autopistas y arterias rápidas, siempre y cuando sea grande el número de movimientos de vueltas.

### **2.5.2 La infraestructura vial**

El tercer elemento fundamental del tráfico es la infraestructura vial por el que se mueven los vehículos.

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.

#### **Clasificación de las Vías**

- **Según su competencia**

- Carreteras Nacionales, son aquellas a cargo del Servicio Nacional de Caminos.
- Carreteras Departamentales, son aquella de propiedad de los departamentos y forman la red secundaria de carreteras.

- Carreteras Veredales o Vecinales, son aquellas vías a cargo del Servicio de Caminos Vecinales y forman la red terciaria de carreteras.
  - Carreteras Distritales y Municipales, son aquellas vías urbanas y/o suburbanas y rurales a cargo del distrito o municipio.
- **Según sus características**
    - **Autopistas**, es una vía de calzadas separadas cada una con dos o más carriles, con control total de accesos. Las entradas y salidas de las autopistas se realizan únicamente a través de intersecciones a desnivel comúnmente llamados distribuidores.
    - **Carreteras Multicarriles**, son carreteras divididas o no, con dos o más carriles por sentido, con control parcial de accesos. Las entradas y salidas se realizan a través de intersecciones a desnivel y a nivel.
    - **Carreteras de dos carriles**, constan de una sola calzada de dos carriles, uno por cada sentido de circulación, con intersecciones a nivel y acceso directo desde sus márgenes.
- **Según el tipo de terreno**
    - **Carreteras en terreno plano**, es la combinación de alineamientos horizontal y vertical, que permite a los vehículos pesados mantener aproximadamente la misma velocidad que la de los vehículos livianos.
    - **Carreteras en terreno ondulado**, es la combinación de alineamientos horizontal y vertical, que obliga a los vehículos pesados a reducir sus velocidades significativamente por debajo de la de los vehículos livianos, sin ocasionar que aquellos operen a velocidades sostenidas en pendiente por un intervalo de tiempo largo.
    - **Carreteras en terreno montañoso**, es la combinación de alineamientos horizontal y vertical, que obliga a los vehículos pesados a circular a velocidad

sostenida en pendiente a lo largo de distancias considerables o durante intervalos frecuentes.

- **Carreteras en terreno escarpado**, es la combinación de alineamientos horizontal y vertical, que obliga a los vehículos pesados a operar a menores velocidades sostenidas en pendiente que aquellas a la que operan en terreno montañoso, para distancias significativas o a intervalos muy frecuentes.

- **Según su función**

- Carreteras Principales o de Primer Orden, son aquellas vías troncales, transversales y de accesos a capitales de departamento, que cumplen la función básica de integrar las principales zonas de producción y de consumo del país y de este con los demás países.
- Carreteras Secundarias o de Segundo Orden, son aquellas vías que unen cabeceras municipales entre sí y/o que provienen de una cabecera municipal y conectan con una principal.
- Carreteras Terciarias o de tercer Orden, son aquellas vías de acceso que unen cabeceras municipales con sus veredas entre sí.

- **Según la velocidad de diseño**

La velocidad de diseño o velocidad de proyecto se define como la máxima velocidad segura y cómoda que puede ser mantenida en un tramo determinado de una vía, cuando las condiciones son tan favorables y que las características geométricas de la vía gobiernan la circulación. La velocidad de diseño define las características geométricas mínimas de todos los elementos del trazado, en condiciones de control y seguridad.

## 2.6 TRÁFICO VEHICULAR

### 2.6.1 Corrientes vehiculares

La corriente vehicular se refiere al conjunto de vehículos que circulan a lo largo de una calzada y en el mismo sentido. Las corrientes suelen estar constituidas por filas de vehículos en movimiento que se acomodan en los distintos carriles de la calzada, independientemente de la existencia o no de demarcación horizontal.

### 2.6.2 Parámetros Microscópicos

Existen dos tipos de estos parámetros; los temporales y los espaciales. Al primer tipo corresponden lo que se conoce como intervalo, brecha y paso; al segundo, espaciamiento, separación y longitud del vehículo. Aparecen gráficamente en la Figura 2.1 y se definen como sigue:

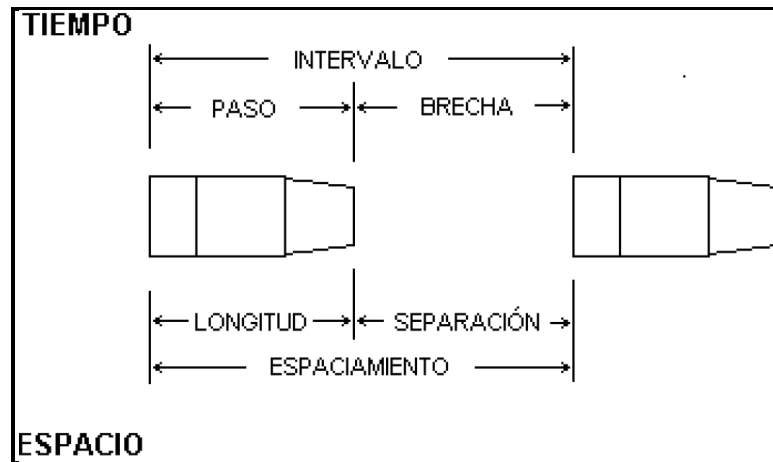
- Intervalo: tiempo que transcurre entre el paso por un punto de una vía del extremo trasero de un vehículo y el mismo extremo del siguiente vehículo.
- Brecha: tiempo medido entre el paso por un punto de una vía del extremo trasero de un vehículo y el delantero del siguiente vehículo.
- Paso: Tiempo que tarda un vehículo en recorrer su propia longitud.

Se acostumbra expresar estos parámetros en segundos, y su relación es la siguiente:

$$\mathbf{Intervalo = Espaciamiento / velocidad} \quad \mathbf{1.}$$

$$\mathbf{Intervalo = brecha + paso} \quad \mathbf{2.}$$

Figura 2.1 Parámetros microscópicos de las corrientes vehiculares



Fuente: Radelat, Guido, 1990

A estos parámetros temporales corresponden los siguientes parámetros espaciales:

- Espaciamento: distancia entre dos vehículos sucesivos. Se mide del extremo trasero de un vehículo al mismo extremo del siguiente.
- Separación: distancia entre el extremo trasero de un vehículo y el delantero del siguiente.
- Longitud: distancia entre los extremos delantero y trasero de un vehículo.

Estos parámetros se expresan en metros y están relacionados del modo siguiente:

$$\text{Espaciamento} = \text{separación} + \text{longitud} \quad 3.$$

Generalmente el intervalo, la brecha, el espaciamento y la separación definen las relaciones entre un par de vehículos que van por el mismo carril, como se muestra en la Figura 2.1 Si un vehículo sigue a otro, se acostumbra asignarlos al vehículo de atrás. No obstante, estos parámetros se usan también para expresar relaciones entre vehículos que circulan por carriles distintos y aun entre dos vehículos que circulen en sentidos opuestos por corrientes vehiculares diferentes. En este último caso, brechas y separaciones deben medirse entre los extremos delanteros de ambos vehículos.

Si las unidades empleadas son metros, segundos y metros por segundo, se pueden establecer las relaciones siguientes:

$$\textit{Intervalo} = \textit{esparcimiento} / \textit{velocidad} \quad 4.$$

$$\textit{Brecha} = \textit{separación} / \textit{velocidad} \quad 5.$$

$$\textit{Paso} = \textit{longitud} / \textit{velocidad} \quad 6.$$

Para que estas ecuaciones sean matemáticamente exactas, las distancias deben medirse en el momento en que pasa la parte trasera del primer vehículo por el punto de referencia. La velocidad debe ser la media individual de la velocidad del segundo vehículo mientras recorre su espaciamiento o separación hasta el punto de referencia. A altas velocidades la diferencia entre intervalo y brecha es insignificante, pero en estudios de capacidad y congestión, esa diferencia tiene mucha importancia.

### **2.6.3 Parámetros Macroscópicos**

Los parámetros macroscópicos fundamentales de las corrientes vehiculares son el volumen (veh/h), la velocidad media (km/h) y la densidad (veh/km).

#### **2.6.3.1 Volumen De Tráfico**

Los volúmenes de tránsito deben considerarse dinámicos siempre. Por tanto, sólo estos volúmenes son precisos para el período de duración de los aforos. Sin embargo, debido a que sus variaciones son generalmente rítmicas y repetitivas, es importante conocer sus características para programar aforos, relacionar volúmenes en un tiempo y lugar, y prever con la debida anticipación la actuación de las fuerzas dedicadas al control del tránsito y labor preventiva, así como las de conservación. Por ejemplo, si se conoce que históricamente en Semana Santa se presenta un alto número de accidentes de tránsito, se debe planear una campaña preventiva para actuar antes y durante esa semana. En esta semana no se deben realizar trabajos de reparación normal en la calle o carretera, pues pueden estorbar o resultar peligrosos.

En la planeación y operación de la circulación vehicular, es fundamental conocer las variaciones periódicas de los volúmenes de tránsito en las horas de máxima demanda, en las horas del día, en los días de la semana y en los meses del año. Aún más, también es importante conocer las variaciones de los volúmenes de tránsito en función de su distribución por carriles, su distribución direccional y su composición.

### 2.6.3.2 Velocidad

- **Velocidad Media**

La velocidad es la relación entre el espacio recorrido por un móvil y la unidad de tiempo. A los ocupantes de un vehículo les interesa mucho la velocidad que éste desarrolle, pues de ella depende la prontitud con que puedan llegar al destino de su viaje y, en muchos casos, su seguridad personal. Es bien sabido que la velocidad se expresa comúnmente en kilómetros por hora, y a veces en metros por segundo.

Desde el punto de vista de tránsito, la velocidad de un vehículo en un momento dado no cuenta tanto como la velocidad media a que hace un recorrido y como la media de todos los vehículos de una corriente de tránsito. Hay varios tipos de velocidades medias, como se explica más adelante, pero conviene aclarar ahora la diferencia entre velocidad media individual y velocidad media colectiva (que se suele llamar simplemente velocidad media). La primera es una media ponderada de las velocidades que ha desarrollado un vehículo para recorrer una distancia dada; la segunda es la media de las velocidades de los vehículos (1) que pasan por un punto durante cierto tiempo, (2) que se encuentran en un tramo de vía en un momento dado, o (3) la media de las velocidades de cierto número de vehículos que recorren una distancia determinada. En el último caso, se trata de una media de medias individuales.

Si bien el volumen es una medida de la cantidad de tránsito que pasa por cierto lugar, la velocidad media mide, hasta cierto punto, la calidad del servicio que ofrece la vía en ese lugar, y eso lo pueden percibir directamente los usuarios. En cambio el volumen es una variable básica del tránsito difícil de percibir por los que no son ingenieros de tránsito, y aun por los que lo son.

- **Velocidades Individuales**

A continuación se dan las definiciones de algunos tipos de velocidades individuales que más se usan en Ingeniería de Tránsito:

- Velocidad instantánea. Es la de un móvil en un instante determinado. Es obvio que sólo se pueden medir aproximaciones a la velocidad instantánea.
- Velocidad puntual. Velocidad instantánea de un vehículo cuando pasa por un punto de una vía.
- Velocidad de recorrido. Es el cociente que resulta de dividir el espacio andado por un vehículo entre el tiempo que ha tardado en recorrerlo. Es realmente una velocidad media individual, la cual se define como

$$v = d / t \qquad 6.$$

Donde:

$v$  = velocidad de recorrido (kilómetros por hora)

$d$  = distancia recorrida (kilómetros)

$t$  = tiempo de recorrido (horas)

- Velocidad de marcha. Relación entre la distancia recorrida por un vehículo y el tiempo durante el cual el vehículo ha estado en movimiento al recorrer esa distancia. No tiene en cuenta el tiempo en que pudiera haber estado detenido el vehículo. Es también una velocidad media individual.
- Velocidad libre. Llamada también velocidad a flujo libre, es la velocidad puntual o de marcha de aquellos vehículos cuyo avance no está impedido ni por la interacción vehicular ni por la regulación del tránsito.
- Velocidad media temporal. Es la media de la velocidad de punto de todos los vehículos, o parte de ellos, que pasan por un punto específico de una vía durante un intervalo de tiempo seleccionado. Matemáticamente se define como:

Donde:

$v_t$  = velocidad media temporal

$v_i$  = velocidad del vehículo  $i$

$n$  = número total de vehículos observados (tamaño de la muestra)

- Velocidad media espacial. Es la media aritmética de las velocidades de punto de todos los vehículos que en un instante dado se encuentran en un tramo de vía.

Luego se tiene:

$$V_e = \frac{d}{\bar{t}} \quad 7.$$

Donde:

$V_e$  = velocidad media espacial

$d$  = distancia recorrida

$t$  = tiempo promedio de recorrido

Las siguientes definiciones complementan las anteriores.

- Tiempo de recorrido. El que transcurre mientras un vehículo recorre cierta distancia, incluyendo el invertido en paradas imputables a la vía, al tránsito o a su regulación. Se usa para calcular la velocidad de recorrido. No debe confundirse con el tiempo de viaje, que es el que tarda una persona o vehículo en ir del origen al destino de un viaje.
- Tiempo de marcha. Período durante el cual un vehículo está en movimiento. Se usa para calcular la velocidad de marcha.

### 2.6.3.3 Densidad

La tercera variable básica del tránsito es la densidad, también conocida como ocupación vial. Es el número de vehículos que se encuentran en cierto momento, parados o andando, en un tramo de una vía, calzada o carril. Se expresa en vehículos por kilómetro, ya que en un metro no suele caber un vehículo real y mucho menos en un punto, que es donde se mide el volumen. Conviene destacar que si bien la densidad se mide en un punto temporal y en una unidad espacial suficientemente

grande para que quepa al menos un vehículo, el volumen se mide en un punto espacial y en una unidad temporal suficientemente grande para que pase al menos un vehículo. Son conceptos teóricamente incompatibles y sólo se pueden relacionar aproximadamente utilizando valores medios. Por el contrario, la velocidad se puede medir tanto en casi un punto como en un tramo y en cualquier unidad de tiempo, mientras se trate de un tiempo finito.

Los usuarios de la vía no pueden percibir directamente la densidad en sí, pero pueden apreciar la separación longitudinal y lateral entre vehículos, lo que da la idea de densidad, al menos en el tramo que ven de la vía. La densidad restringe principalmente la libertad de movimiento de los vehículos. Por eso se usa como indicador de la calidad del servicio que proporciona una vía. Medida indirectamente, la densidad se usa mucho para detectar cuando una autopista está próxima a saturarse y para impedir la entrada de un exceso de vehículos que puedan desencadenar una temida congestión de tránsito.

#### **2.6.4 Relaciones entre los parámetros del Tráfico**

##### **- Volumen e intervalo medio**

Si por un punto de una vía pasaron  $n$  vehículos durante una hora, el volumen de tránsito será  $n$  veh/h; pero se puede considerar que también pasaron  $n$  intervalos entre vehículos. Si hay 3600 segundos en la hora, es evidente que el intervalo medio en segundos será  $3600/n$ , pero como  $n$  es el volumen de tránsito en vehículos por hora, podemos escribir:

$$\textit{Intervalo medio (m)} = 3600 / \textit{volumen de tránsito} \quad 8.$$

Y también;

$$\textit{Volumen de tránsito (veh / h)} = 3600 / \textit{Intervalo medio (s)} \quad 9.$$

Un razonamiento análogo se puede hacer para cualquier período  $t$ , mayor o menor que una hora. Hay un pequeño error en estas ecuaciones porque es de esperar que, en la mayoría de las veces, el intervalo del primer vehículo no esté comprendido el

tiempo  $t$  y, en cambio, esté incluido parte del intervalo del vehículo que viene después del último. Se espera que el tiempo añadido compense el tiempo omitido.

De acuerdo con las ecuaciones 2.17 y 2.18, si el volumen de tránsito es 400 veh/h, el intervalo medio es 9 s. Si el intervalo es 3 s, el volumen es 1.200 veh/h. Parece que una relación tan sencilla la tuvieran presente todos los que tienen que ver con corrientes vehiculares, pero no es así por razones incomprensibles.

**- Densidad y espaciamiento medio**

Si en un kilómetro de vía, calzada o carril hay  $n$  vehículos en un momento dado, la densidad será  $k$  veh/km. También se puede considerar que la suma de los espaciamientos de estos  $n$  vehículos en ese momento será 1 km, o sea, 1.000 m y su espaciamiento medio será  $1.000/n$ . Ya que  $n$  es también la densidad, se pueden expresar las siguientes relaciones:

$$\text{Espaciamiento medio (m)} = 1.000 / \text{densidad (veh / km)} \quad \mathbf{10.}$$

$$\text{Densidad (veh / km)} = 1.000 / \text{espaciamiento medio} \quad \mathbf{11.}$$

Un razonamiento similar se puede hacer para una distancia mayor o menor que un kilómetro. Estas ecuaciones implican errores pequeños parecidos a los de las relaciones volumen/intervalo medio. Según éstas, una densidad de 16 veh/km supone un espaciamiento medio de 62,5 m, mientras que un espaciamiento medio de 11,1 m corresponde a una densidad de 90 veh/km.

Si se expresan estos parámetros en las mismas unidades, se puede decir que el volumen es el inverso del intervalo medio y la densidad es el inverso del espaciamiento medio.

### 2.6.5 Teoría de flujo vehicular

El punto de partida para el análisis de las características del flujo vehicular, como ya se ha tratado, son sus tres variables principales: flujo o volumen ( $q$ ), velocidad ( $v$ ) y densidad ( $k$ ), relacionadas mediante la ecuación fundamental del flujo vehicular:

$$q = vk$$

Si se establece una relación entre dos de las tres variables, la relación de estas dos con la tercera la determina la ecuación  $q = vk$ . Las combinaciones posibles son velocidad-densidad ( $v, k$ ), flujo-densidad ( $q, k$ ) y velocidad-flujo ( $v, q$ ).

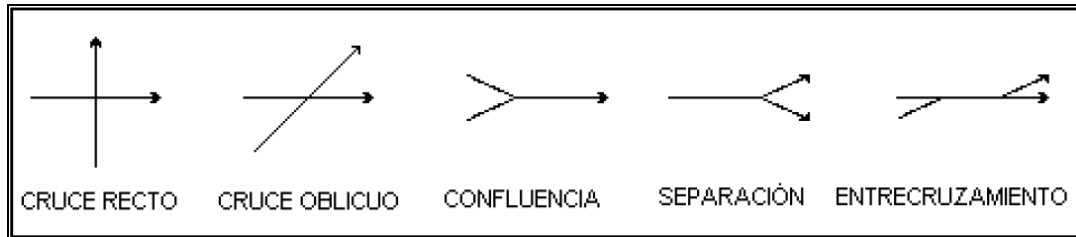
La variable más fácil de medir es el flujo  $q$ , siguiéndole en su orden la velocidad  $v$  y la densidad  $k$ . Por esta razón, se considera la densidad  $k$  como la variable dependiente. De todas maneras no existe una variable dependiente aislada, como tampoco existe cuando se representa un punto en el espacio en función de sus tres coordenadas ( $x, y, z$ ).

Uno de los objetivos finales del ingeniero de tránsito es optimizar la operación de los sistemas de tránsito existentes e intervenir en el proyecto de sistemas viales futuros bastante eficientes. Así, la optimización en tránsito indica la selección de las mejores condiciones de operación, sujeta a las capacidades del sistema o a los recursos y a las restricciones del usuario y del medio ambiente.

### 2.6.6 Relaciones entre corrientes vehiculares

Se considera que las principales relaciones entre las corrientes vehiculares son cruce, confluencia, separación y entrecruzamiento. Éstas se representan esquemáticamente en la Figura 2.2

*Figura 2.2 Principales relaciones entre las corrientes vehiculares*



*Fuente: Radelat Guido, Manual de Ingeniería de Tránsito*

### - Cruce y confluencia

Existe un cruce cuando la trayectoria de los vehículos de una corriente vehicular corta la de los vehículos de otra. El cruce puede ser recto u oblicuo. Esta maniobra requiere que los vehículos de una corriente pasen por las brechas que haya entre los vehículos de la otra. Si las corrientes están separadas en tiempo (por agente de policía o semáforo) o en espacio (por pasos a desnivel), no hay cruce.

Se llama confluencia la unión de dos o más corrientes vehiculares para formar una sola, o la incorporación de vehículos de una corriente a otra. De este modo, los vehículos se insertan en brechas entre los vehículos de la corriente en que confluyen.

### - Divergencia

La divergencia o separación es el proceso opuesto a la confluencia, o sea, el desdoblamiento de una corriente vehicular en corrientes independientes, o simplemente la separación de un vehículo de una corriente. Es una maniobra mucho más sencilla que la confluencia, y muchas veces la precede.

Los vehículos que abandonan una corriente pueden causar demoras a los que van detrás de ellos y aun provocar accidentes por alcance en tres casos principales: (1) si deben reducir su velocidad para recorrer una curva fuerte o detenerse más adelante, (2) si precisan esperar una brecha vehicular aceptable para efectuar maniobras de cruce, confluencia o giro a la izquierda y (3) si esperan a que pasen los peatones antes

de girar a la derecha. Si estas demoras resultan considerables o peligrosas, su reducción puede ser posible construyendo en ciertos trechos carriles de desaceleración o de giro a izquierda o a derecha.

- **Entrecruzamiento**

El entrecruzamiento, llamado también entrecruce, trenzado o mezclamiento, ocurre cuando confluyen dos corrientes vehiculares que van en el mismo sentido, y siguen combinadas durante cierto recorrido y luego se separan.

Al ocurrir esta confluencia y separación, cierto número de vehículos pasa de la corriente izquierda a la derecha, y viceversa, mediante cambios de carril, cruzando mutuamente sus trayectorias.

## **CAPÍTULO III**

### **ANÁLISIS DE LA ACCIDENTALIDAD**

#### **Introducción.**

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, permitiendo 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 con su secuela de lesiones, muertes y pérdidas materiales.

El incremento en la accidentalidad y sus consecuencias, ha generado en los últimos tiempos una profunda preocupación en la sociedad. Si bien las tragedias que a diario ocurren en las rutas del país no son un fenómeno nuevo, la magnitud de los hechos está logrando sensibilizar a la población que hoy reclama avances en la materia.

Uno de los problemas más apremiantes en Accidentología e Ingeniería de Tráfico, es la falta de teoría en la que fundar sus actividades. El problema, aunque es común, no afecta del mismo modo a todos los sistemas de transporte, en el sistema viario es especialmente grave pues no sólo dificulta el desarrollo del sistema, permite que se siga diseñando, construyendo y gestionando de los modos con los que se han creado

los problemas que existen en su funcionalidad y seguridad, agravando y extendiendo las repercusiones que ello tiene en las personas y en la sociedad.

La Accidentología Vial no se ha desarrollado conforme a la necesidad de aumentar la seguridad del tráfico viario. De hecho, más de cien años después de la primera víctima en un accidente con un automóvil, aún no se han podido investigar las causas de la siniestralidad vial para saberlas y cuantificarlas con acierto, rigor y objetividad, ni para lo que es mucho más importante, poder mejorar la seguridad eficazmente en base al conocimiento sobre la siniestralidad.

### **3.1 ACCIDENTOLOGÍA VIAL**

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 de la misma, 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.

#### **3.1.1 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.

Como se aprecia, del concepto de la definición expuesta, surge claramente la amplitud de esta, debiendo dirigirnos hacia una especialización o rama de la Accidentología; si el problema lo queremos examinar en el ámbito de la problemática de la Accidentología Vial o de tránsito.

### **3.1.2 Clasificación de los Accidentes**

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

- **Colisión.**

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

- **Colisión Frontal.**

Que 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.**

Que es aquella en que el embestimiento o impacto se da con la 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 el igual que la colisión frontal, puede ser central o excéntrico.

- **Colisión Lateral.**

Que 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.**

Que 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.

- **Colisiones Mixtas.**

En muchas ocasiones las diversas modalidades de colisiones se suceden denominándose a la serie de ellas, colisiones mixtas.

• **Atropello.**

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

• **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 inclusive con otro vehículo estacionado.

• **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 este un volteo o vuelcos de campana.

### **3.1.3 Análisis de los Accidentes.**

El análisis de accidentes es un proceso "inverso a posterior" ya que se realiza después de que el suceso haya ocurrido, y consiste en remontarse, paso a paso, desde dicho suceso hasta su origen analizando también los sistemas de seguridad y su fiabilidad.

El análisis comienza con la recogida de información que debe posibilitar la descripción de las sucesivas etapas del accidente. La información se recoge a la mayor brevedad posible después de ocurrido el accidente. Es preferible que la recogida de datos la realice una persona familiarizada con el proceso, donde la metodología común es el peritaje accidentológico vial. Se apoya fundamentalmente en entrevistas con la víctima, si fuera posible, con testigos presenciales, compañeros de trabajo y jefes a varios niveles.

- **Peritaje Accidentológico Vial**

El peritaje en accidentes de tránsito es una valiosa herramienta utilizada para hacer diferencia entre las causas aparentes y las causas reales que ocasionan hechos de tránsito. El experto necesita tener, una preparación especial que le permita diferenciar con exactitud y justeza las divergencias que le plantea un hecho de otro, así como la cadena de sucesos que llevaron a la producción de los mismos.

### **3.1.4 Los Accidentes de Tráfico y sus Causas**

Existen numerosas acepciones de lo que es un accidente de tráfico. Según la definición del Consejo Nacional de Seguridad Vial de los Estados Unidos un accidente es “un suceso inesperado, inevitablemente precedido de un acto inseguro o alguna combinación de actos y condiciones inseguras, que no necesariamente produce daño, y que interrumpe la terminación de alguna actividad.

También podría definirse como “un suceso eventual que altera el orden regular de las cosas”.

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 interactuantes.

Podemos dividir las causas de los accidentes en dos grupos:

- Causas Directas
- Causas Indirectas

- **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

- **Causas Indirectas**

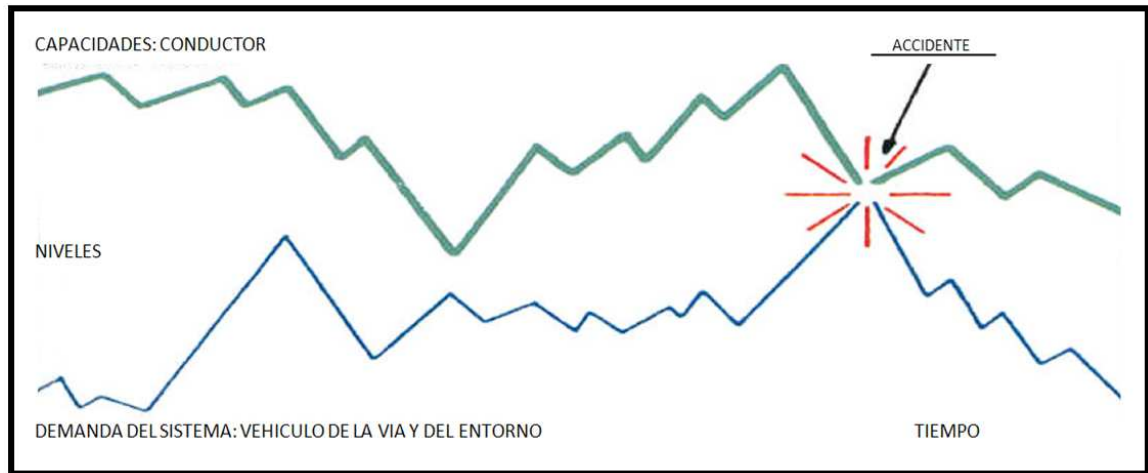
Son aquellos sucesos, acciones o condiciones que, sin considerarse responsables del accidente, influyeron en el proceso que precedió al mismo.

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.

*Figura N° 3.1 Causas del Accidentes*



*Fuente: Elaboración Propia*

### 3.1.5 Causas que Concurren a la Producción del Accidente de Tránsito:

En toda actividad humana concurren ineludiblemente tres factores inseparables: El medio ambiente, la máquina y el hombre. En materia de accidentes de tránsito estos tres factores se conjugan en lo que se conoce como "El triángulo accidentológico". En esta figura geométrica, la base es ocupada por el "Factor Humano", el cateto de la izquierda por el "Factor Ambiental" y el de la derecha por el "Factor automotriz". Como en geometría, los lados del triángulo se encuentran unidos por los vértices, puntos estos donde se encuentran ubicados, en el superior, la "Ingeniería", que vincula al medio ambiente (vías de comunicación) con el automotor; en el de la derecha la "Legislación" que une las condiciones que debe reunir el automotor para circular y el comportamiento del hombre y en el de la izquierda, la "Educación Vial"

mediante la cual debe instruirse al hombre para su adecuado comportamiento en el ambiente.

Pasaremos a desarrollar seguidamente todos y cada uno de los factores que concurren a la producción del siniestro:

#### **3.1.5.1 El Hombre o Factor Humano.**

El hombre conductor, inmerso en un mundo que hoy se caracteriza por la celeridad, la angustia y el stress, no es ajeno a la influencia que estos factores producen sobre la acción de conducir, principalmente a la incidencia que ellos poseen sobre el estado psicofísico del individuo, particularmente en lo relativo a los tiempos de reacción.

El tiempo psicofísico de reacción es el lapso de tiempo comprendido entre la visualización de la situación de riesgo y la iniciación de la acción preventiva, representada generalmente por la realización de las maniobras de evasión y/o frenado.

Agentes exógenos contribuyen a aumentar considerablemente ese tiempo de reacción, por atenuación de los reflejos motivados por factores tales como la depresión de los centros de inhibición, como las causadas por el alcohol, o la distorsión de la relación espacio-tiempo, causada por alucinógenos o estupefacientes.

#### **3.1.5.2 El Medio Ambiente o Factor Ambiental.**

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

##### **- Las condiciones meteorológicas.**

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

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

- **El camino.**

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

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

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

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

### **3.1.5.3 El Factor Automotriz:**

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

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

Con relación a los neumáticos, debe tenerse particularmente en cuenta la presión de inflado de los mismos, en razón de que las presiones inadecuadas, ya sea por defecto o exceso, implican variación de la superficie de contacto entre la cubierta y la calzada. Asimismo se hace necesario tener presente el "Dibujo" de las mismas los que adquieren vital importancia en la circulación sobre caminos mojados o cubiertos de polvo o arena. En estos casos el diseño del dibujo hace que tanto el agua como las partículas sólidas sean evacuadas hacia los costados de la banda de rodamiento o bien, canalizados dentro del dibujo central. La ausencia de dibujo, característica de los neumáticos desgastados, implica la permanencia de partículas sólidas entre la banda de rodamiento y la calzada, las que, comportándose a modo de rodamientos (bolillas de ruleman), reducen el coeficiente de adherencia, aumentando la distancia de frenada. En esas condiciones, sobre calzadas mojadas, el agua permanecerá igualmente entre el neumático y el piso, produciéndose el efecto de hidrodeshlizamiento o hidroplaneo que tan trágicas consecuencias suele producir.

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

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

### **3.2 SEGURIDAD VIAL**

La seguridad vial consiste en la prevención de accidentes de tránsito o la minimización de sus efectos, especialmente para la vida y la salud de las personas, cuando tuviera lugar un hecho no deseado de tránsito. También se refiere a las tecnologías empleadas para dicho fin en cualquier vehículo de transporte terrestre (ómnibus, camión, automóvil, motocicleta y bicicleta).

Las normas reguladoras de tránsito y la responsabilidad de los usuarios de la vía pública componen el principal punto en la seguridad vial. Sin una organización por parte del estado y sin la moderación de las conductas humanas (particulares o colectivas) no es posible lograr un óptimo resultado.

- **La Visión de la Seguridad Vial**

Una buena gestión de la Seguridad Vial consiste en lograr una reducción del número (frecuencia) y gravedad de los accidentes, de tal forma de mantenerlos en un nivel tolerable para la sociedad.

Desde ya, intervienen básicamente tres factores: hombre, vía y vehículo; que por sí mismos o combinados tienen un cierto peso en la ocurrencia de accidentes, y obviamente las posibles actuaciones se deberán basar en el mejoramiento de cada uno de esos factores.

Sin perjuicio de la relación que existe en los factores arriba aludidos, la Seguridad Vial se refiere mas a considerar aquellos aspectos de la infraestructura vial que puedan contribuir a la producción de accidentes.

### **3.3 PUNTOS NEGRO 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.

### **3.4 TRAMOS DE CONCENTRACIÓN DE ACCIDENTES.**

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

Posteriormente y tras una inspección visual del sector identificado como peligroso, se puedan recomendar mejoras en aspectos de seguridad vial, si así correspondiere.

### **3.5 MÉTODOS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE TRAMOS DE CONCENTRACIÓN DE ACCIDENTES**

#### **3.5.1 Método Del Índice De Peligrosidad**

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

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

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

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

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

**Tipología:** Autopista, Autovía, Vía Rápida, Ruta convencional.

**Zona:** Urbana, Interurbana.

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

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

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

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

Se identificarán como tramos de concentración de accidentes (TCA), aquellos en que se verifiquen las condiciones contenidas en la Tabla 3.1

Tabla N° 3.1. Parámetros para identificar tramos con concentración de accidentes.

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

Fuente: Seguridad Vial – Universidad Nacional de Córdoba

### 3.5.2 Nuevo Método del Índice de Peligrosidad

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

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

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

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

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

Criterio	Condición
I	$IP_{aa} \geq \frac{P}{2} \wedge IP_{ua} \geq \frac{P}{2}$
II	$IPM_2 \geq \frac{2}{3}P$
III	$\sum ACV_{aa} \geq \frac{N}{5} \wedge \sum ACV_{ua} \geq \frac{N}{5}$
IV	$\sum ACV_2 \geq \frac{N}{2}$

Donde:

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

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

**$\Sigma$ ACV5:** Suma de los accidentes con víctimas de los últimos 5 años.  **$\Sigma$ ACV2:** Suma de los accidentes con víctimas de los últimos 2 años.

**aa:** Año anteúltimo.

**ua:** Último año.

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

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

La Tabla 3.2 indica los valores de P y N según el tipo de vía, zona y TMDA.

*Tabla N° 3.3 Valores de las constantes P y N – Nuevo Método del Índice de Peligrosidad*

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

*Fuente: Nuevo Método Índice de Peligrosidad*

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

La evolución del método no ha mejorado las limitaciones que presentaba su antecesor, pues solo considera los accidentes con víctimas y no tiene en cuenta la distribución de los mismos, por lo que puede considerarse que este método tampoco es consistente.

Por otro lado, la discretización de las categorías de camino se encuentra ajustada para tránsitos de España, lo que genera cierta insensibilidad respecto de los bajos tránsitos en caminos de la República Argentina.

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

### **3.5.3 Método del Número o Frecuencia de Accidentes**

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

Este es el enfoque más simple y directo. Todos los accidentes se registran, consignándose su ubicación y el período de tiempo en el cual han ocurrido. La simplicidad de este enfoque se justifica si los volúmenes de tránsito son pequeños. De

aparecer un agrupamiento, habrá una base objetiva para encarar una investigación que determine qué elemento del camino contribuye a dicha concentración.

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

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

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

Un tramo será considerado TCA cuando se cumpla que:

$$N_i \geq k \cdot N_m$$

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

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 que:

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

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

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

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

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

$$S = \Phi(k)$$

$$N_{\text{lim}} = k \cdot N\sigma + Nm$$

Donde  $\Phi$  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:

$$N_i \geq N_{\text{lim}}$$

*o bien*

$$N_i \geq k \cdot N\sigma + Nm$$

Tabla N° 3.3 Nivel Confianza en función del valor de “k”

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

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.

#### 3.5.4 Método De La Tasa De Accidentes

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

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

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

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

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

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

Para definir un TCA debe cumplirse que:

$$T_i \geq k \cdot T_m$$

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

Donde “k” es un factor de mayoración que para 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 Figura 10.

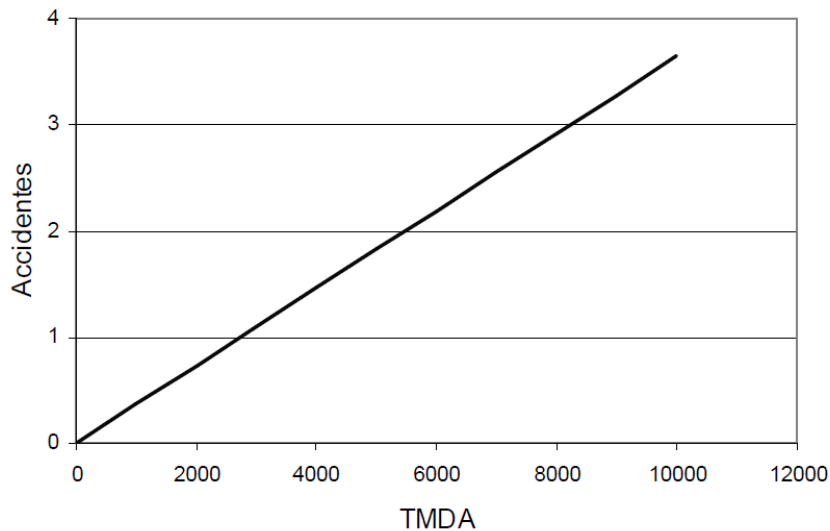
$$T_i = \frac{\text{Accidentes en el tramo}}{\text{TMDA} \cdot \text{N}^\circ \text{ de días} \cdot \text{Long. del tramo}} \cdot 10^6$$

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

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

Accidentes en el tramo = TMDA · cte

Figura N° 3.2. Relación entre el N° de accidentes y TMDA para tasa constante – Método de la Tasa



Fuente: Universidad Nacional de Córdoba

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

El método de la Tasa también es sensible a la longitud de tramo en la que se divide el camino en estudio. Al igual que para el método del Número, al incrementar la longitud de los tramos, disminuye la dispersión de la muestra, por ello los valores 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.

### **3.5.5 Método del Número – Tasa**

El método del Número-Tasa es aplicable a todos los sistemas de calles y caminos, cualquiera sea su magnitud o variación en los volúmenes de tránsito.

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

El método se basa en el concepto de que, si tanto el número como la tasa de accidentes de un tramo superan sensiblemente al promedio, se puede tener una razonable certeza de estar ante un registro anormal de accidentes. Además también considera la separación de tipología de caminos, (número de carriles, separación de calzada, etc.), tipo de zona (rural, urbana), y control de accesos.

Los requerimientos de datos básicos para la aplicación del método comprenden:

- Período de tiempo
- Ubicación de los accidentes
- Volúmenes de tránsito
- Categoría de caminos

Además, requiere establecer la ocurrencia media de accidentes correspondientes a cada categoría de calle o camino, por lo que debe calcularse el número medio de accidentes por kilómetro (Nm) así como el número medio de accidentes por millón de vehículos-kilómetro (es decir, la tasa media Tm)..

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

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

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

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

La tasa de accidentes de un tramo “i” cualquiera se calcula:

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

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

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

El método del Número-Tasa considera un tramo como TCA cuando:

$$N_i \geq k_N \cdot Nm \quad \wedge \quad T_i \geq k_T \cdot Tm$$

Donde:

KN: factor de mayoración para el Número de accidentes

KT: factor de mayoración para la Tasa de accidentes

#### - **Análisis del Método**

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

#### - **Sensibilidad a los Factores de Mayoración**

Como en los métodos del número y la tasa, el factor de mayoración establece a partir de qué desvío con respecto al promedio se verifica cada condición. Se recomienda establecer inicialmente el valor de  $k_N$  y  $k_T$  en 2. A medida que se incrementa el valor de “k”, el método detecta una menor cantidad de TCA, ocurre lo contrario si “k” disminuye. Los factores de mayoración (k) para el Número y para la Tasa son independientes.

#### - **Sensibilidad a la Longitud del Tramo Seleccionada**

Como se ha mencionado anteriormente, tanto el método del número, como el de la tasa son especialmente sensibles a la longitud elegida del tramo. Dado que ambos métodos condicionan la detección del TCA al desvío de sus  $N_i$  o  $T_i$  con respecto a sus valores medios ( $N_m$  y  $T_m$ ), y que a medida que se incrementa la longitud de los tramos, los valores de  $N_i$  y  $T_i$  presentan una menor desviación, resulta que el método presenta una menor sensibilidad a medida que la longitud del tramo aumenta.

### - Sensibilidad a la Variación de Volúmenes de Tránsito

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

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

### - Consistencia de los Resultados

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

#### 3.5.6 Método del 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, debe su nombre a que 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:

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

**Donde:**

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

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

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

Donde:

X: número observado de accidentes

U: límite superior de control

P: probabilidad límite predefinida

El límite crítico o límite superior de control, puede ser calculado a partir de las tablas para la distribución de Poisson 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:

$$P = \lambda + k \cdot \sqrt{\frac{\lambda}{m} + \frac{0,5}{m}}$$

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:

$$Tc_i = Tm + k \cdot \sqrt{\frac{Tm}{t_i} + \frac{0,5}{t_i}}$$

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.

Donde:

**Tci** Tasa crítica de accidentes para el tramo i, expresada en millón de vehículos – kilómetro

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

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

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

$$t_i = \frac{TMDA_i \cdot N^{\circ} \text{ de días} \cdot \text{Long. del Tramo}_i}{10^6}$$

**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 “Tci”, son la tasa media de accidentes del sistema “Tm” y el tránsito del tramo a evaluar “ti”.

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

$$t_i = \frac{TMDA_i \cdot N^\circ \text{ de días} \cdot \text{Long. del Tramo}_i}{10^6}$$

entonces:

$$Tc_i \rightarrow f(TMDA_i)$$

siendo:

$$Tc_i = Tm + k \cdot \sqrt{\frac{Tm}{t_i}} + \frac{0,5}{t_i}$$

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

$$Tc \approx \frac{1}{2t} + \frac{1}{\sqrt{t}} + Cte$$

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 “ $T_{c_i}$ ” 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:

$$T_i \geq T_{c_i}$$

con

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

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

Siendo:

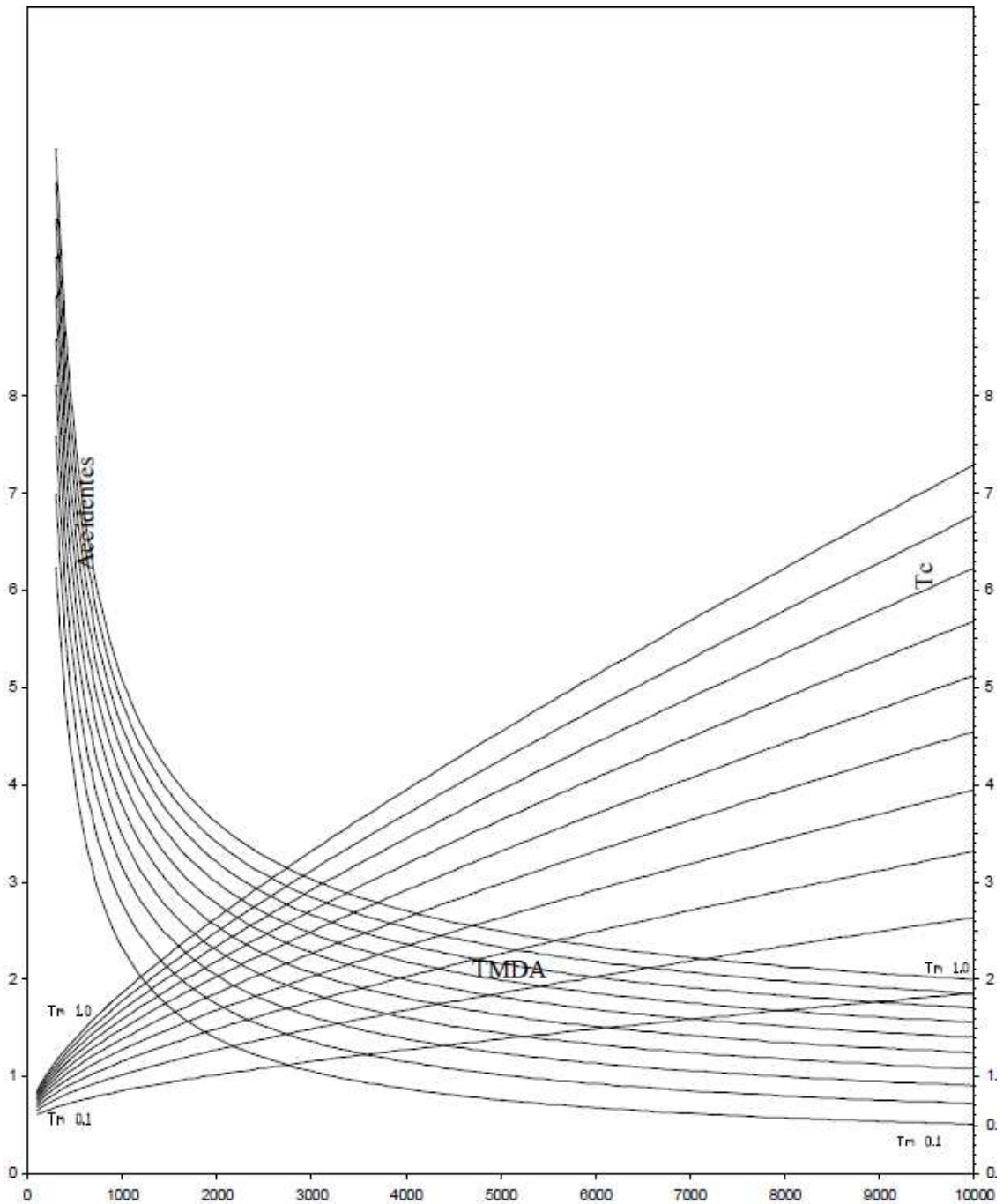
$$T_{c_i} = T_m + k \cdot \sqrt{\frac{T_m}{t_i}} + \frac{0,5}{t_i}$$

Simplificando se llega a que un tramo será TCA solo si

$$\text{Número de accidentes} \geq T_m \cdot t_i + k \cdot \sqrt{T_m \cdot t_i} + 0,5$$

Considerando válida la hipótesis de que la tasa media del sistema puede ser tomada como una constante, y admitiendo que todos los tramos poseen la misma longitud, el límite de detección del método para un nivel de confianza del 95% ( $k = 1,645$ ) se representa en la Figura 11, donde en abscisas se tiene el tránsito, en las ordenadas a la derecha la tasa crítica (curvas cóncavas), y en las ordenadas a la izquierda el número de accidentes (curvas convexas).

Figura 3.3 Relación entre el número de accidentes, tasa crítica y TMDA para una tasa media –  
Método de Control de Calidad de la Tasa



El mayor inconveniente a la hora de aplicar el método es la determinación de la tasa media del sistema.

El método aplica un control estadístico sobre los valores de las tasas de cada tramo. Este control estadístico asume que la distribución de accidentes se ajusta al modelo de Poisson, por lo que se requiere que la varianza de la muestra sea igual a la media. Esta restricción hace que el método sea criticado, ya que en general, las muestras de accidentes presentan una dispersión importante siendo la varianza significativamente mayor que la media.

En el caso de que la muestra de accidentes presente una dispersión importante, el método del Control de Calidad de la Tasa, a partir del modelo de Poisson, no presentará resultados consistentes.

### 3.5.7 Método de la Tasa de Severidad de Accidentes

El método de la Tasa de Severidad de Accidentes persigue la identificación de tramos peligrosos, ponderando el número de accidentes del tramo en función de la gravedad de los mismos.

En lugar de considerar el número de siniestros totales del tramo, el método propone aplicar una ponderación de las diferentes categorías de accidentes, definiendo la Unidad Patrón de Severidad (UPS) como sigue:

$$UPS = C_{s/v} \cdot Acc_{s/v} + C_{c/v} \cdot Acc_{c/v} + C_m \cdot Acc_m$$

Donde:

<b>UPS</b>	Unidad patrón de severidad
<b>C s/v</b>	Coficiente de ponderación para accidentes sin víctimas
<b>Acc s/v</b>	Cantidad de accidentes sin víctimas
<b>C c/v</b>	Coficiente de ponderación para accidentes con víctimas
<b>Acc c/v</b>	Cantidad de accidentes con víctimas
<b>Cm</b>	Coficiente de ponderación para accidentes con víctimas fatales
<b>Accm</b>	Cantidad de accidentes con víctimas fatales

Luego, se tiene que

$$C_{S/V} < C_{C/V} < C_m$$

La asignación de los valores de los coeficientes de ponderación puede realizarse a partir de un análisis económico de cada tipo de accidente, con esto se logra equilibrar la peligrosidad del tramo en función del costo relativo que representa la falencia de seguridad en el mismo.

Estudios de este tipo fueron realizados en São Paulo – Brasil, obteniéndose los siguientes resultados:

$$C_{S/V} = 1 \quad C_{C/V} = 4; \quad C_m = 6$$

El método establece que un tramo será considerado peligroso cuando la tasa de severidad de un tramo sea superior al valor de la tasa media de severidad por un coeficiente de mayoración  $k$ .

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

$$TS_i = \frac{UPS_i}{TMDA \cdot N^\circ \text{ de días} \cdot \text{Long. del tramo}} \cdot 10^6$$

Luego se define la tasa media de severidad del sistema de igual manera que la tasa del tramo pero considerando la sumatoria de las UPS, el tránsito medio y la longitud total del camino en estudio.

$$TSm = \frac{\sum UPS}{TMDA_{medio} \cdot N^\circ \text{ de días} \cdot \text{Long. del Camino}} \cdot 10^6$$

El método de la tasa de severidad considera que un tramo es peligroso (TCA) cuando:

$$TS_i \geq k_{TS} \cdot TSm$$

donde:

**K<sub>TS</sub>**: factor de mayoración para la Tasa de Severidad

- **Análisis del Método**

El método de la Tasa de Severidad de accidentes es matemáticamente idéntico al método de la Tasa de Accidentes; la diferencia radica en que asigna una mayor peligrosidad a aquellos tramos cuyos accidentes resulten más severos.

Un tramo donde se registre una mayor cantidad de accidentes sin víctimas, desde el punto de vista de la severidad, puede ser menos peligroso que otro tramo donde existan menos accidentes pero éstos resulten más graves. Esta relación puede ser ajustada a través de los coeficientes de ponderación  $C$ .

La tasa de severidad de un tramo NO debe ser aplicada directamente para detectar tramos peligrosos, su finalidad radica solamente en establecer el orden de prioridad en el que deben estudiarse los tramos peligrosos para solucionar los problemas de seguridad.

Los coeficientes de ponderación pueden ser obtenidos a través de un análisis económico, o bien pueden establecerse arbitrariamente a fin de ajustar la sensibilidad del método a las necesidades de la vía en estudio.

Como ocurre con el método de la Tasa de Accidentes, esta técnica es especialmente sensible a la longitud de tramo elegida para el estudio.

El factor de mayoración  $k_{TS}$ , persigue establecer a partir de que desvío con respecto a la tasa media de severidad del sistema un tramo es considerado peligroso. Para valores bajos de  $k_{TS}$  el método detectará una mayor cantidad de tramos peligrosos y viceversa.

## **CAPÍTULO IV**

### **APLICACIÓN PRÁCTICA**

#### **Introducción.**

Los aspectos relacionados tanto con la ingeniería de tráfico como con la accidentalidad en el marco teórico fueron la base para establecer una metodología práctica y adecuada para realizar una evaluación de la accidentalidad, lo que nos lleva a poner en práctica las metodologías utilizadas con mayor frecuencia en la identificación de tramos peligrosos, estableciendo los alcances, limitaciones y características propias de cada uno de ellos, además de un análisis de los factores de riesgo de los accidentes.

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

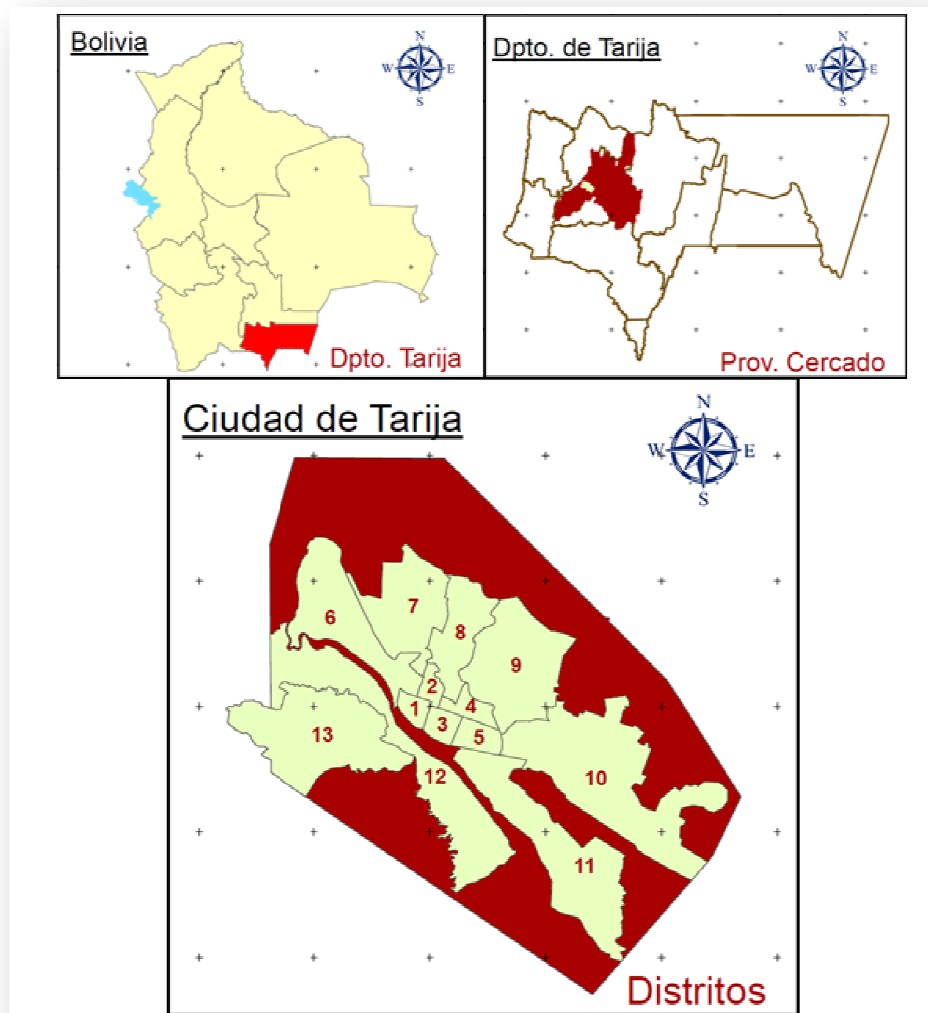
Para esta aplicación se decidió tomar en estudio la ruta principal que atraviesa la ciudad de Tarija la cual está conformada por los accesos Norte y Sur de la ciudad.

#### **3.1 RUTA O VÍA EN ESTUDIO**

- **Ubicación.**

La ruta en estudio se encuentra ubicada en la ciudad capital de Tarija, provincia Cercado de Departamento de Tarija como se muestra a continuación en la Fig. N°4.1

Figura N° 4.1 Ubicación de la ruta en estudio.



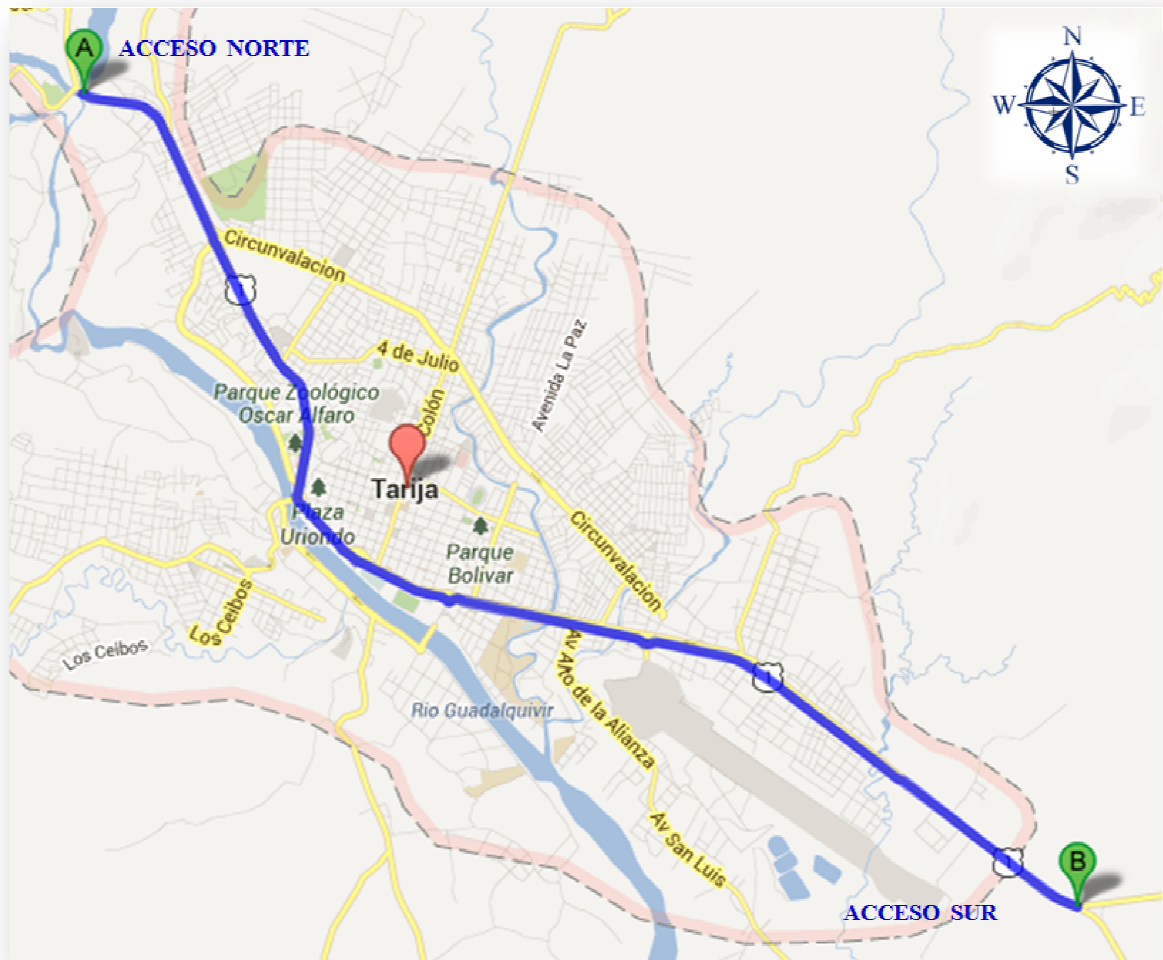
Fuente: Elaboración propia

### 3.1.1 Características de la ruta o vía en estudio.

La ruta elegida en este estudio es La Vía Panamericana que atraviesa toda la ciudad de Tarija desde el acceso Norte hasta el Acceso Sur de la ciudad, la cual está conformada desde el acceso Norte por la Carretera Panamericana, la Avenida Panamericana, la Avenida Víctor Paz Estensoro, la Avenida Jaime Paz Zamora continuando nuevamente con la Avenida Panamericana y la carretera Panamericana hacia el lado Sur de la Ciudad, esta ruta comprende 13.2 km desde el Puente de

Tomatitas al lado Norte de la Ciudad hasta la Tranca el Portillo hacia el lado Sur de la misma, como se muestra detallada en la Fig. N° 4.2

*Figura N° 4.2 Ruta en estudio, desde el Acceso Norte hasta el Acceso Sur de la Ciudad de Tarija por la Vía Panamericana*

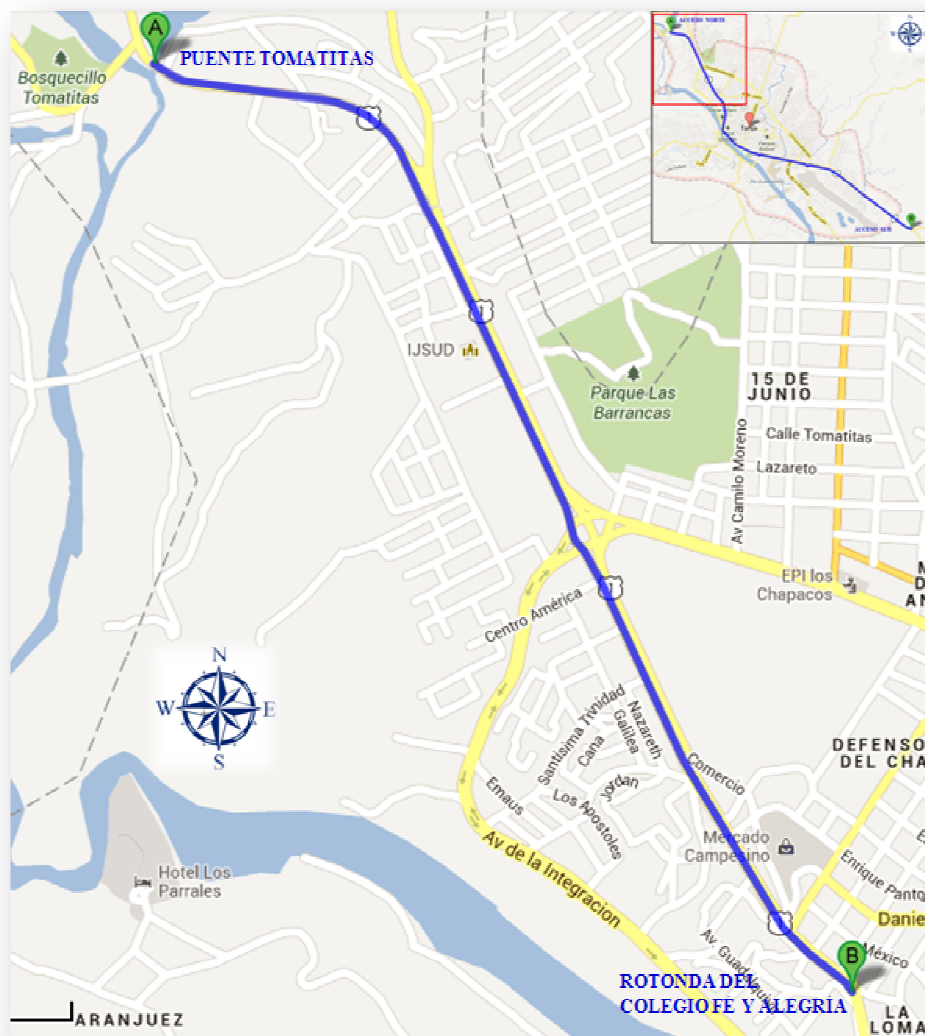


*Fuente: Elaboración propia*

Para la realización de este estudio se trabajara dividiendo la ruta por tramos según sus características lo cual se detallara de la siguiente manera:

Tramo 1; Acceso Norte de la Ciudad de Tarija; Desde Puente Tomatitas hasta la Rotonda del Colegio Fe y Alegría, este tramo consta de 3.6km en su mayoría es una red formada por 2 vías y 4 carriles y el volumen de tráfico en este tramo no se ha considerado muy variable debido a que desde el puente Tomatitas hasta la Rotonda del colegio Fe y Alegría podemos considerar el tramo de acceso Norte a la ciudad, ya que no tiene accesos por esta red de mayor consideración hacia la parte central de la ciudad, además de tener este tramo más homogeneidad en su infraestructura.

*Figura N° 4.3 Tramo 1; Acceso Norte*



*Fuente: Elaboración propia*

Tramo 2; Tramo central de la Ruta en estudio; Desde la Rotonda del Colegio Fe y Alegría, hasta la Rotonda Tres Pasos al Frente (ingreso al aeropuerto) este tramo consta de 4.8 km, en su mayoría es una red formada por 3 vías y 6 carriles, donde no consideramos mucha variación en el volumen de tráfico a lo largo del tramo ya que casi en su totalidad es un tramo de igual infraestructura y no tiene salidas o accesos de gran consideración que puedan variar con significancia el volumen de tráfico en este tramo tomado.

*Figura N° 4.4 Tramo 2; Zona Centro*



*Fuente: Elaboración propia*

Tramo 3; Acceso Sur de la Ciudad de Tarija; Desde La Tranca el Portillo hasta la Rotonda Tres Pasos al Frente (ingreso al aeropuerto), este tramo consta de 4.8km, al igual que el Acceso Norte consideramos este tramo homogéneo casi en su totalidad ya que si bien la infraestructura de las vías varia a partir del Zona Torrecillas razonamos que el volumen de tráfico por esa zona continua sin mucha variación hasta nuestro punto de acceso (Tranca el Portillo) debido a que en esta parte del tramo no se tienen accesos o salidas de gran significancia y el volumen de tráfico que sale de las 3 vías desemboca en la carretera al Chaco.

*Figura N° 4.5 Tramo 3; Acceso Sur*



*Fuente: Elaboración propia*

### 3.2 DESCRIPCIÓN DE 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 y de un registro de accidentes ocurridos en los tramos de estudio con disponibilidad de 5 años para una mejor adaptabilidad de los métodos a utilizar en dicho estudio.

#### 3.2.1 Determinación del Volumen De Tráfico.

Los datos de volumen de tráfico fueron obtenidos a través de aforos realizados en tres horas pico del día de 7:00am a 8:00am, de 12:00pm a 13:00pm y de 18:00pm a 19:00pm, tres días por semana (dos días hábiles y uno de fin de semana), durante un mes para así poder determinar valores confiables del TMD (tráfico medio diario) para cada tramo (ver detalle de cálculo en ANEXO 1).

- **Determinación del volumen de TMD - Tramo 1.**

Tramo 1, desde el Puente Tomatitas hasta la Rotonda del Colegio Fe Alegría el cual se considera con poca variación de tráfico a lo largo del tramo por lo que se trabajó con la medición de aforos en un solo punto para todo el tramo, (punto de aforo: Parada del Norte) de donde se tiene el tráfico medio diario por vía y el total de las 2 vías el cual utilizará como dato en las metodologías de identificación de TCA mostrado en la Tabla N° 4.1

*Tabla N° 4.1 Tráfico Medio Diario - Tramo 1*

<b>Trafico Medio Diario (veh/dia) - Acceso Norte</b>		
Av. Izquierda (Parada Norte)	Av. Derecha	Volumen Total
4345	4608	<b>8953</b>

*Fuente: Elaboración propia*

- **Determinación del volumen de TMD - Tramo 2.**

Tramo 2, desde la Rotonda del Colegio Fe Alegría hasta la Rotonda Tres Pasos al Frente (ingreso al aeropuerto) considerado con poca variación de tráfico a lo largo del tramo por lo que se trabajó con la medición de aforos en un solo punto para todo el tramo, (punto de aforo: Colegio Liceo Tarija) de donde se tiene el siguiente volumen mostrado en la Tabla N° 4.2

*Tabla N° 4.2 Tráfico Medio Diario del Tramo 2*

<b>Trafico Medio Diario (veh/dia) - Tramo Central</b>			
Av. Lado Complejo Garcia	Av. Central	Av. Lado Colegio	Volumen Total
6381	6129	5962	<b>18472</b>

*Fuente: Elaboración propia*

- **Determinación del volumen de TMD - Tramo 3.**

Tramo 3, desde la Rotonda Tres Pasos al Frente (ingreso al aeropuerto) hasta la Tranca el Portillo, al igual que los anteriores tramos también considerado con poca variación de tráfico a lo largo del tramo por lo que se trabajó con la medición de aforos en un solo punto para todo el tramo, (punto de aforo: Puente Torrecillas) de donde se tiene el siguiente volumen mostrado en la Tabla N° 4.3

*Tabla N° 4.3 Tráfico Medio Diario del Tramo 3*

<b>Trafico Medio Diario (veh/dia) - Acceso Sur</b>			
Av. Lado Mercado del Sur	Av. Central	Av. Lado Gasolinería	Volumen Total
1844	3813	3642	<b>9298</b>

*Fuente: Elaboración propia*

### **3.2.2 Recopilación de Datos de Accidentes.**

El trabajo de recolección de datos de accidentes fue realizado de manera estricta y minuciosa (previa autorización), donde se traslado la información requerida de los libros de Registro de Accidentes (manuales) a cargo de la División de Investigación de Accidentes del O. O. De Transito de la ciudad de Tarija, la recopilación de datos

consistió en la revisión y extracción de los aspectos más relevantes de los Registros de accidentes de los últimos 5 años para así tener una base de datos más confiables. Los datos de accidentes fueron tomados de los años 2007, 2008, 2009, 2011 y 2012, no se pudo obtener datos en un periodo continuo ya que los registros del año 2010 no fueron proporcionados debido a pérdida. De igual manera los datos extraídos serán útiles para el motivo de nuestro estudio ya que si bien no son continuos se tiene la disponibilidad de 5 años completos.

Los datos obtenidos en la recopilación de registros manuales, fueron procesados en dos etapas que se detallan a continuación.

#### **4.3.2.1 Procesamiento de la base de datos.**

Esta etapa de recopilación de registro de accidentes está destinada a construir una base de datos de accidentes de tránsito (Microsoft Excel) (Ver Anexo 2), que facilitó el ingreso, verificación y consistencia de los datos recolectados. Esta base de datos constó de tablas una por cada año registrado, las cuales agrupan todos los accidentes de tránsito propiamente dichos, donde se detallan todas las características de cada accidente, además de ser localizadas por tramos y sub-tramos según su dirección para facilitar posteriores cálculos en cuanto a la identificación de tramos de concentración de accidentes (TCA), puntos negros en la ruta de estudio y la evaluación y análisis de la base de datos de accidentes de acuerdo a sus características.

Cada registro de accidente consta de la siguiente información:

- Sitio o dirección del accidente
- Locación del accidente (intersección, no intersección)
- Fecha, día la semana y hora del accidente
- Tipo de Accidente (vuelco, colisión, atropello, etc.)
- Tipo de Colisión (frontal, trasera, lateral, etc.)
- Vehículos Involucrados (cantidad y tipo)
- Características del conductor responsable (sexo, edad)
- Víctimas (heridos leves, graves y/o fatales)

#### **4.3.2.2 Distribución Espacial de Accidentes**

La segunda etapa de recopilación de datos, está dirigida a la digitalización y georeferenciación de los accidentes de tránsito dentro de la Ruta en estudio, esto consiste en ordenarlos accidentes según su lugar de ocurrencia lo cual es uno de los primeros métodos desarrollados para el estudio de los tramos peligrosos.

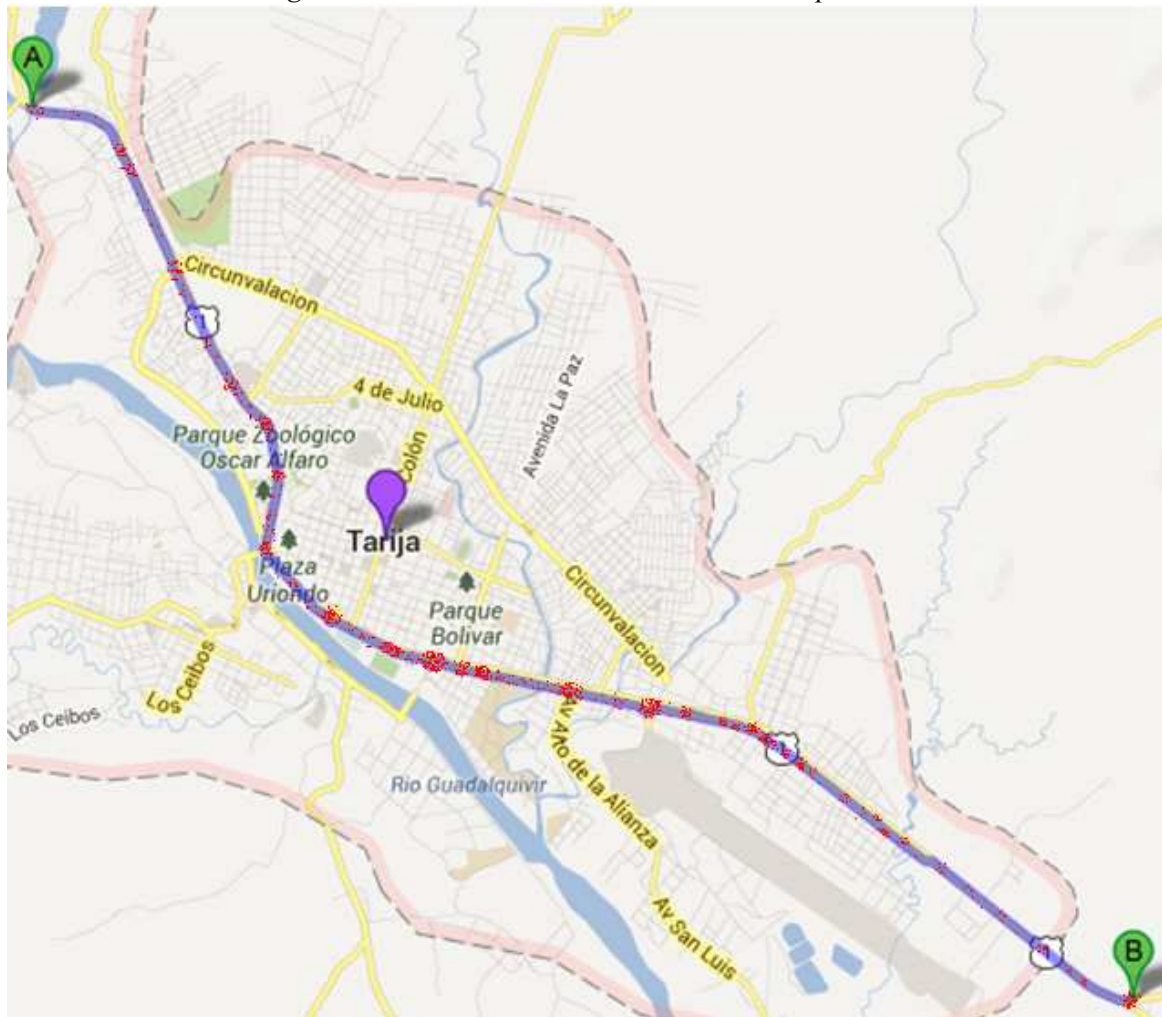
El método original consiste en ubicar los accidentes sobre un mapa, donde al cabo de cierto tiempo, se evidenciarán concentraciones en ciertos puntos del mapa, indicando aquellos sitios en que la cantidad de siniestros resulta anormalmente elevada y por ende pueden considerarse como tramos de concentración de accidentes.

Este método primitivo se encuentra en desuso actualmente, ya que a pesar de ser altamente ilustrativo, resulta engorroso para carreteras con alto tránsito y de longitudes importantes. Además el método del mapa no contempla la exposición al tránsito del tramo, es decir, que pueden darse cantidades elevadas de accidentes en un tramo debido a que este tiene un tránsito mucho mayor que el resto de los tramos, por lo que tramos con igual cantidad de accidentes, no resultan igualmente peligrosos.

Si bien se mencionó que esta técnica no está capacitada para la determinación de TCA o puntos negros por sus deficiencias, a pesar de su simplicidad, es una herramienta que nos permite introducirnos en el problema con una visión más objetiva, además de tener un base inicial para la creación del mapa de puntos negros a la cual se llegara posteriormente.

En la Figura N° 4.6 podemos observar esta digitalización de datos iniciales en el mapa.

Figura N° 4.6 Accidentes Localizados en el Mapa



- Accidentes en la Ruta de Estudio

Fuente: Elaboración propia

- **Detalle del número de accidentes por localización**

Además de la localización de los accidentes en toda la ruta de estudio se realizó el detalle del número accidentes ocurridos en cada tramo con la base de datos de los 5 años adquiridos y donde se determinan los posibles puntos negros, tomando en cuenta como estos puntos aquellos cuya cantidad de accidentes por localización sobre pasa al promedio de accidentes en todo el tramo saliendo del rango de la desviación positiva de estos datos, criterio que tomamos en este estudio para la detección de los puntos donde la cantidad de accidentes tiene un numero anormal con respecto a los otros

puntos siendo estos de mayor cantidad, los cuales pueden ser considerados puntos negros en posteriores cálculos. Este detalle se muestra en las siguientes tablas:

*Tabla N° 4.4 Accidentes Ocurridos en el Acceso Norte*

<b>Detalle de Accidentes ocurridos en el Acceso Norte (Tramo 1) (Datos de 5 años)</b>	
<b>Localizacion del Accidente</b>	<b>N° de Accidentes Ocurridos</b>
Carretera a Tomatitas, altura puente de Tomatitas	22
Carretera a Tomatitas, altura a 200 mts puente de Tomatitas	3
Av. Panamericana, altura oficina de HANSA	1
Carretera Panamericana, Altura B. Los Alamos	6
Carretera Panamericana, Ingreso B. Los Alamos	1
Carretera Panamericana, altura Rotonda San Mateo	32
Carretera Panamericana, Parada Norte	36
Carretera Panamericana, altura B. Carlos Wagner	2
Av. Panamericana, Frente Iglesia de Mormones	1
Carretera Panamericana, altura Ex parada Norte	26
Carretera Panamericana, frente Ex Parada Norte	2
Av. Panamericana, altura oficina Forestal	1
Carretera Panamericana, Rotonda Circunvalacion	48
Av. Panamericana, altura Gigante América	6
Carretera Panamericana, esq. Calle Comercio (final)	7
Av. Panamericana, altura Rotonda de P.A.C.	9
Av. Panamericana, Of. de P.A.C.	20
Av. Panamericana, esq. Pasaje Ibáñez	3
Av. Panamericana, ingreso B. Juan Pablo II	3
Av. Panamericana, ingreso B. Luis Pizarro	4
Av. Panamericana, altura PERTT	6
Av. Panamericana, esq. Pasaje Uriondo (campesino)	1
Av. Panamericana, ingreso B. Libertad	4
Av. Panamericana, altura Surtidor campesino	3
Av. Panamericana, altura frente Radio Integracion	1
Av. Panamericana, altura La Chapaquita	3
Av. Panamericana, altura B. 57 viviendas	1
Av. Panamericana, esq. Calle 15 de Noviembre	3
Av. Panamericana, altura Alojamiento Sama	2
Av. Panamericana, altura Mercado Campesino	36
Av. Panamericana, altura PRODEM (M. Campesino)	4
Av. Panamericana, altura FIE (Mercado Campesino)	1
Av. Panamericana, esq. Calle Comercio	13
Av. Panamericana, esq. Av. Froilán Tejerina	4
Av. Panamericana, esq. Calle Timoteo Raña	9
Av. Panamericana, esq. Calle Luis Campero	6
Av. Panamericana, Rotonda del Colegio Fe y Alegria	41
<b>Total de Accidentes</b>	<b>371</b>

*Fuente: Elaboración Propia*

Tabla N° 4.5 Accidentes Ocurridos en el Tamo Central de la Ruta

Detalle de Accidentes ocurridos en el Tramo Central de la Ruta en Estudio (Tramo 2) (Datos de 5 años)	
Localizacion del Accidente	N° de Accidentes Ocurridos
Av. Panamericana, altura Pasarela Fe y Alegria	10
Av. Panamericana, altura venta de autos	2
Av. Panamericana, altura Local Paraguaya	1
Av. Panamericana, esq. Calle Salomón Benítez	4
Av. Panamericana, Rotonda Europa	38
Av. Panamericana, altura Zoologico Municipal	30
Av. Panamericana, altura Posta Municipal	2
Av. Panamericana, altura Salon Madre y Maestra	3
Av. Victor Paz E. altura Clínica Cometa	1
Av. Panamericana, esq. Av. Domingo Paz	11
Av. Panamericana, altura frente a Cossmil	7
Av. Panamericana, O.O. de Transito	30
Av. Panamericana, esq. Av. Integración	3
Av. Panamericana, altura Los Ceibos	4
Av. Panamericana, esq. Calle La Madrid	22
Av. Victor Paz E. Rotonda El Verano	67
Av. Victor Paz E. esq. Calle Sevilla	14
Av. Victor Paz E. esq. Calle Isaac Attie	2
Av. Victor Paz E. esq. Calle Eulogio Ruiz	3
Av. Las Americas, frente Campo de los Compadres	8
Av. Victor Paz E. esq. Calle Ballivian	10
Av. Victor Paz E. esq. Calle Ramón Rojas	11
Av. Victor Paz E. esq. Calle Juan Misael Saracho	10
Av. Victor Paz E. casi Calle Juan Misael Saracho	1
Av. Victor Paz E. esq. Calle Campero (carril de bajada)	1
Av. Victor Paz E. esq. Calle Campero	17
Av. Victor Paz E. esq. Calle Gral. Trigo	3
Av. Victor Paz E. altura Cabaña Don Jacinto	2
Av. Victor Paz E. Rotonda Fuente de los Deseos	44
Av. Victor Paz E. Rotonda Fuente de los Deseos (carril central)	1
Av. Victor Paz E. esq. Calle Sucre	15
Av. Victor Paz E. (C. central) altura Comando Deptal.	2
Av. Victor Paz E. altura Comando Dptal. De Policia	25
Av. Victor Paz E. esq. Calle Colón	5
Av. Victor Paz E. esq. Calle Daniel Campos	6
Av. Victor Paz E. altura Complejo Garcia Agreda	32
Av. Victor Paz E. altura del Rectorado	2
Av. Victor Paz E. esq. Calle Suipacha	4
Av. Victor Paz E. altura Pasarela (carril central)	1
Av. Victor Paz E. altura Pasarela (casi Suipacha)	3
Av. Victor Paz E. altura SEDUCA	4
Av. Victor Paz E. altura I.S.E.R.	1

Av. Victor Paz E. esq. Calle Mendez	9
Av. Victor Paz E. esq. Calle Santa Cruz	1
Av. Las Americas esq. Calle Laurel	1
Av. Victor Paz E. altura Coliseo UNPAYO	5
Av. Victor Paz E. (carril central) altura Col. Liceo Tarija	13
Av. Victor Paz E. altura Col. Liceo Tarija	1
Av. Victor Paz E. altura del Casino Militar	2
Av. Victor Paz E. esq. Calle Delgadillo	5
Av. Victor Paz E. esq. Calle Oconnor	13
Av. Victor Paz E. esq. Calle Junín	7
Av. Victor Paz E. altura Palacio de los Deportes	4
Av. Victor Paz E. Rotonda Chorolque	129
Av. Victor Paz E. (carril central) altura Obelisco	4
Av. Victor Paz E. pasando Av. La Paz, altura Obelisco	1
Av. Las Americas, esq. Calle Soruco	1
Av. Victor Paz E. esq. Av. La Paz	28
Av. Victor Paz E. esq. Calle Angel Calavi (Terminal)	1
Av. Victor Paz E. altura Terminal de buses	51
Av. Victor Paz E. altura surtidor la Terminal	7
Av. Victor Paz E. esq. Calle Federico Avila	2
Av. Jaime Paz Z. Rotonda Moto Mendez	71
Av. Jaime Paz Z. Altura Ex Codetar	8
Av. Jaime Paz Z. altura el tejlar (carril Univ.)	2
Av. Jaime Paz Z. esq. Av. Fuerza Aérea	1
Av. Las Americas, esq. Calle Suárez	2
Av. Jaime Paz Z. altura Calle Daniel Sossa (carril central)	1
Av. Jaime Paz Z. esq. Calle Daniel Sossa	16
Av. Jaime Paz Z. altura Coliseo Universitario	9
Av. Jaime Paz Z. altura Coliseo Universitario (carril central)	1
Av. Jaime Paz Z. esq. Calle Membrillos	6
Av. Jaime Paz Z. altura 1er Puente	4
Av. Las Americas esq. c/ Julio Delio Echazu	1
Av. Victor Paz E. altura Perros y Gatos	6
Av. Jaime Paz Z. esq. Calle G. Arnold (Juan XXIII)	5
Av. Jaime Paz Z. esq. Calle 6 de Junio	3
Av. Jaime Paz Z. esq. Calle Remberto Attard	2
Av. Jaime Paz Z. Rotonda San Geronimo	80
Av. Jaime Paz Z. esq. Calle Villamontes (san Geronimo)	2
Av. Victor Paz E. altura Surtidor Panamericano	12
Av. Jaime Paz Z. esq Batallon Colorados	1
Av. Jaime Paz Z. altura 2do Puente	12
Av. Jaime Paz Z. esq. Av. Mons. Font	6
Av. Jaime Paz Z. esq. Av. Delio Arce	2
Av. Las Americas, esq. c/Narciso Campero	1
Av. Jaime Paz Z. esq. Av. Romero	13
Av. Las Americas, altura taller Ozondo	1

Av. Jaime Paz Z. altura 2do Puente	12
Av. Jaime Paz Z. esq. Av. Mons. Font	6
Av. Jaime Paz Z. esq. Av. Delio Arce	2
Av. Las Americas, esq. c/Narciso Campero	1
Av. Jaime Paz Z. esq. Av. Romero	13
Av. Las Americas, altura taller Ozondo	1
Av. Las Americas, esq. Av. Beltran	1
Av. Jaime Paz Z. casi Rotonda Tres Pasos al Frente (carril central)	2
Av. Jaime Paz Z. altura INFOCAL	1
<b>Total de Accidentes</b>	<b>1019</b>

*Fuente: Elaboración Propia*

*Tabla N° 4.6 Accidentes Ocurridos en el Acceso Norte*

<b>Detalle de Accidentes ocurridos en el Acceso Sur (Tramo 3)</b> <b>(Datos de 5 años)</b>	
<b>Localizacion del Accidente</b>	<b>N° de Accidentes Ocurridos</b>
Av. Panamericana, Rotonda Tres Pasos al Frente	89
Av. Panamericana, altura SETAR	12
Av. Panamericana, altura SETAR (carril central)	1
Av. Panamericana, altura Fabrica de Leche PIL	15
Av. Panamericana, altura Av. Fray Quebracho (carril central)	1
Av. Panamericana, altura Fabrica de Leche PIL (carril del frente)	3
Carretera Panamericana, altura Col. Casteflor Castellanos	1
Av. Panamericana, altura Surtidor Tacuarandy	14
Carretera Panamericana, Rotonda parada del Chaco	22
Carretera Panamericana, altura parada del Chaco	31
Carretera Panamericana, altura B. Morros Blanco	4
Av. Panamericana, esq. Calle Simón Bolívar	2
Carretera Panamericana, altura B. Simon Bolivar	2
Carretera Panamericana, altura B. San Jorge I	10
Carretera Panamericana, altura B. San Jorge I (carril central)	1
Av. Panamericana, altura Taller El Boliche	1
Carretera Panamericana, altura entrada a Coca Cola	36
Carretera Panamericana, altura B. San Jorge II	11
Carretera Panamericana, altura Mercado del Sur	8
Carretera Panamericana, altura Surtidor San Jorge	12
Carretera Panamericana, Puente Torrecillas	7
Carretera Panamericana, altura B. Torrecillas	18
Carretera Panamericana, altura B. Torrecillas (Parada Micro "Z")	2
Carretera Panamericana, altura B. Torrecillas (Motel Stragos)	1

Av. Panamericana, frente a Matadero Municipal	16
Carretera Panamericana, altura B. Retamas	1
Carretera Panamericana altura Local La Sirenita ( 2 cuadras San Jorge II)	1
Carretera Panamericana, altura Motel El Capricho	7
Carretera Panamericana, altura Motel Las Palmeras	4
Carretera Panamericana, Tranca Portillo	34
<b>Total de Accidentes</b>	<b>367</b>

*Fuente: Elaboración Propia*

### 3.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS ACCIDENTES DE TRÁNSITO.

Para elaborar una evaluación y análisis del riesgo de accidentes de tránsito es de vital importancia conocer a fondo el problema y las causas que lo originen.

Para este estudio se recabaron en total 1757 accidentes en el periodo de 5 años, los cuales por motivo de estudio y aplicación práctica se dividieron por tramos resultando una cantidad de 371 accidentes en el Acceso norte (tramo 1), 1019 accidentes en el Tramo Central de la ruta y 367 accidentes en el Acceso Sur (tramo 3).

Además de la división por tramos para el análisis y la evaluación del estudio se dividió los tramos en estudio en sub-tramos para tener mejor detalle de la información además de facilitar posteriores cálculos de TCA. En la Tabla N° 4.7

*Tabla N° 4.7 Detalle de Tramos y sub-tramos en la ruta de estudio*

Resumen de Datos de Accidentes en Tramos de la Red Vial en Estudio.					
Elaboracion de Datos de 5 Años					
Tramos	N°	Sub Tramos de la Red Vial Panamericana	N° de Accidentes Totales	Longitud (Km)	TMDA (veh/día)
Acceso Norte (Tramo 1)	1	Puente Tomatitas - Rotonda San Mateo	65	1.2	8953
	2	Rotonda San Mateo - Local Gigante América	122	1.2	
	3	Local Gigante América - Rotonda Col. Fe y Alegría	184	1.2	
<b>Sub Total</b>			<b>371</b>	<b>3.6</b>	
Tramo Central (Tramo 2)	4	Rotonda Col. Fe y Alegría - Rotonda El Verano	235	1.2	18472
	5	Rotonda El Verano - Colegio Liceo Tarija	259	1.2	
	6	Colegio Liceo Tarija - C/Daniel Sossa	335	1.2	
	7	C/Daniel Sossa - Rotonda Tres Pasos Al Frente	190	1.2	
<b>Sub Total</b>			<b>1019</b>	<b>4.8</b>	
Acceso Sur (Tramo 3)	8	Rotonda Tres Pasos Al Frente - Parada del Chaco	189	1.2	9298
	9	Parada del Chaco - Gasolinera San Jorge II	87	1.2	
	10	Gasolinera San Jorge II - Matadero Municipal	46	1.2	
	11	Matadero Municipal - Tranca El Portillo	45	1.2	
<b>Sub Total</b>			<b>367</b>	<b>4.8</b>	
<b>TOTALES</b>			<b>1757</b>	<b>13.2</b>	

*Fuente: Elaboración Propia*

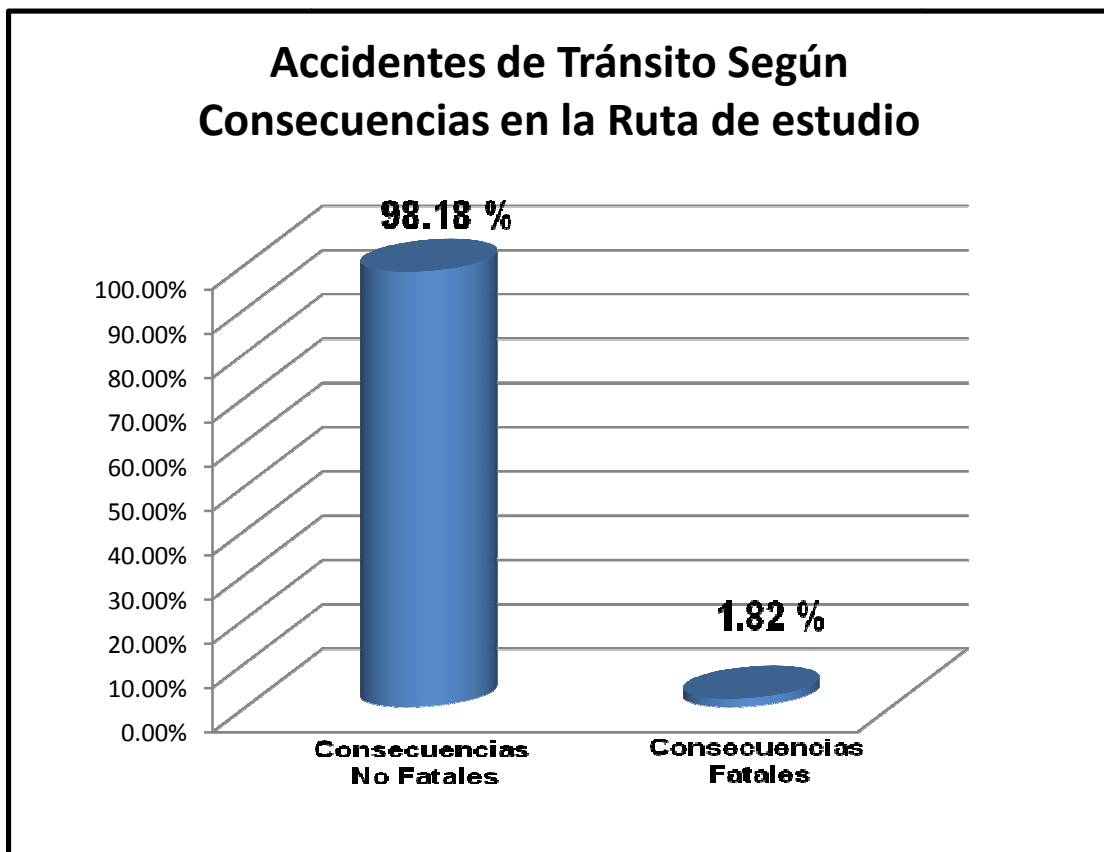
### 3.3.1 Información General y Análisis estadístico de los Accidentes de tránsito

Si bien los accidentes de tránsito, tienen ocurrencia inesperada con características variables en una evaluación detallada de sus características se pueden observar y verificar los factores más influyentes en su ocurrencia determinando así los contrastes en las características de accidentes en cada tramo de estudio para verificar los principales factores que tienen mayor significancia y son protagonistas en la totalidad de los accidentes de tránsito ocurridos en los 5 años del periodo de estudio.

- **Consecuencia de los Accidentes.**

El 98.18% de los accidentes en la ruta de estudio en los 5 años tomados, tuvieron consecuencias no fatales (1725 accidentes) y el 1.82% (32 accidentes) tuvieron consecuencias fatales. (Gráfica N° 4.1)

*Gráfica N° 4.1 Consecuencias de accidentes en la ruta de estudio*

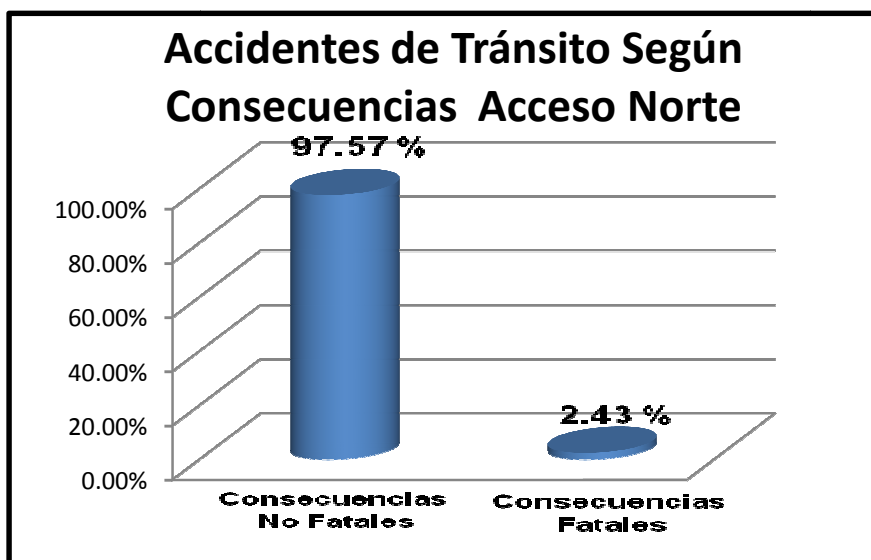


*Fuente: Elaboración Propia*

Según consecuencias por tramos tenemos los siguientes resultados los cuales nos llevaran a tener resultados más precisos al momento de la determinación de los tramos peligrosos en la ruta de estudio, ya que podemos verificar que tramo tiene el mayor porcentaje de fatalidad con respecto a los otros tramos.

Acceso Norte (Tramo 1)

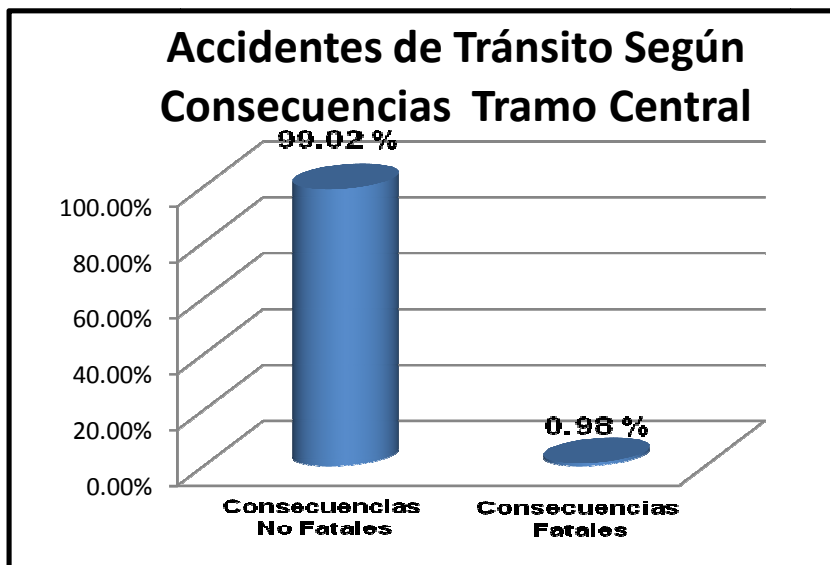
Gráfica N° 4.2 Consecuencias de accidentes en el Acceso Norte



Fuente: Elaboración Propia

## Tramo Central (Tramo 2)

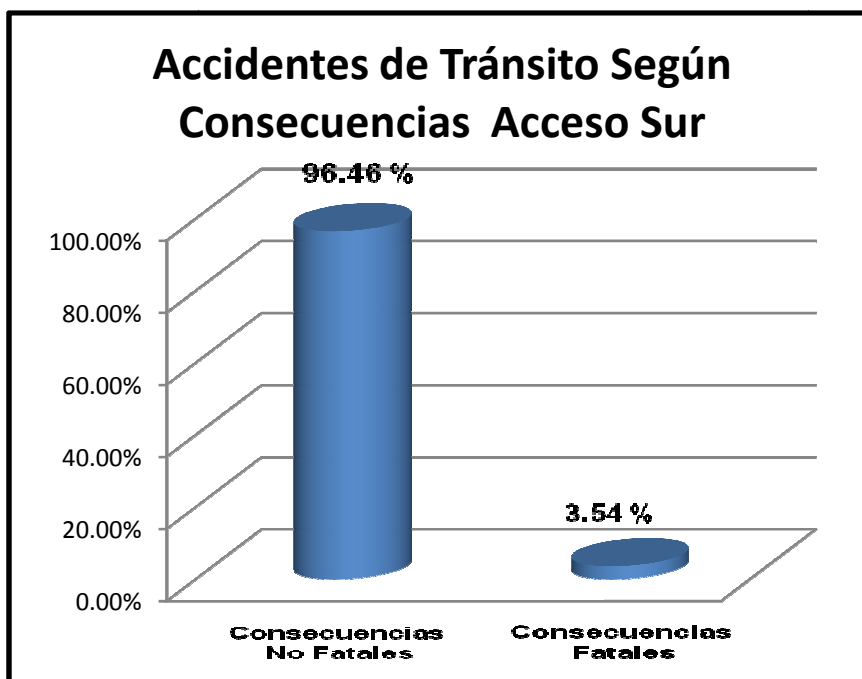
Gráfica N° 4.3 Consecuencias de accidentes en el Tramo Central



Fuente: Elaboración Propia

## Acceso Sur (Tramo 3)

Gráfica N° 4.4 Consecuencias de accidentes en el Acceso Sur



Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a las consecuencias de los accidentes tanto en fatales y no fatales, podemos observar que en el Acceso Sur (tramo 3) es donde se tiene el mayor porcentaje de consecuencias fatales con respecto a los otros tramos en estudio.

Para una mayor apreciación demostramos en las siguientes tablas la ocurrencia de accidentes por año en cada tramo y sub-tramo determinado.

*Tabla N° 4.8 Detalle de Accidentes del Año 2007 por Tramos y Sub-Tramos*

AÑO 2007						
TRAMOS	SUB TRAMOS	ACCIDENTES SIN VICTIMAS	ACCIDENTES CON VICTIMAS HERIDAS	ACCIDENTES CON VICTIMAS FATALES	TOTAL DE ACCIDENTES	N° DE VICTIMAS FATALES
1	1	5	1	0	6	0
	2	5	6	0	11	0
	3	7	6	1	14	1
<b>Total Tramo 1</b>		17	13	1	31	1
2	4	19	4	0	23	0
	5	8	6	1	15	1
	6	26	7	0	33	0
	7	14	7	0	21	0
<b>Total Tramo 2</b>		67	24	1	92	1
3	8	12	7	0	19	0
	9	7	3	1	11	1
	10	1	2	1	4	1
	11	4	2	0	6	0
<b>Total Tramo 3</b>		24	14	2	40	2

*Fuente: Elaboración Propia*

Tabla N° 4.9 Detalle de Accidentes del Año 2008 por Tramos y Sub-Tramos

AÑO 2008						
TRAMOS	SUB TRAMOS	ACCIDENTES SIN VICTIMAS	ACCIDENTES CON VICTIMAS HERIDAS	ACCIDENTES CON VICTIMAS FATALES	TOTAL DE ACCIDENTES	N° DE VICTIMAS FATALES
1	1	13	4	0	17	0
	2	16	6	0	22	0
	3	41	18	1	60	1
<b>Total Tramo</b>		70	28	1	99	1
2	4	37	8	0	45	0
	5	41	26	0	67	0
	6	64	13	0	77	0
	7	34	4	1	39	1
<b>Total Tramo</b>		176	51	1	228	1
3	8	34	8	0	42	0
	9	6	5	3	14	3
	10	8	3	1	12	1
	11	6	3	0	9	0
<b>Total Tramo</b>		54	19	4	77	4

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 4.10 Detalle de Accidentes del Año 2009 por Tramos y Sub-Tramos

AÑO 2009						
TRAMOS	SUB TRAMOS	ACCIDENTES SIN VICTIMAS	ACCIDENTES CON VICTIMAS HERIDAS	ACCIDENTES CON VICTIMAS FATALES	TOTAL DE ACCIDENTES	N° DE VICTIMAS FATALES
1	1	7	5	0	12	0
	2	19	15	2	36	2
	3	30	18	2	50	2
<b>Total Tramo</b>		56	38	4	98	4
2	4	46	14	0	60	0
	5	42	27	1	70	1
	6	78	10	0	88	0
	7	38	9	0	47	0
<b>Total Tramo</b>		204	60	1	265	1
3	8	38	18	3	59	3
	9	12	5	1	18	1
	10	8	5	1	14	1
	11	9	1	0	10	0
<b>Total Tramo</b>		67	29	5	101	5

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 4.11 Detalle de Accidentes del Año 2011 por Tramos y Sub-Tramos

AÑO 2011						
TRAMOS	SUB TRAMOS	ACCIDENTES SIN VICTIMAS	ACCIDENTES CON VICTIMAS HERIDAS	ACCIDENTES CON VICTIMAS FATALES	TOTAL DE ACCIDENTES	N° DE VICTIMAS FATALES
1	1	20	4	1	25	1
	2	26	12	2	40	2
	3	30	10	0	40	0
<b>Total Tramo</b>		76	26	3	105	3
2	4	51	7	2	60	2
	5	27	18	2	47	2
	6	51	25	1	77	1
	7	33	11	1	45	1
<b>Total Tramo</b>		162	61	6	229	6
3	8	29	13	0	42	0
	9	22	7	0	29	0
	10	8	4	1	13	1
	11	5	5	0	10	0
<b>Total Tramo</b>		64	29	1	94	1

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 4.12 Detalle de Accidentes del Año 2012 por Tramos y Sub-Tramos

AÑO 2012						
TRAMOS	SUB TRAMOS	ACCIDENTES SIN VICTIMAS	ACCIDENTES CON VICTIMAS HERIDAS	ACCIDENTES CON VICTIMAS FATALES	TOTAL DE ACCIDENTES	N° DE VICTIMAS FATALES
1	1	3	2	0	5	0
	2	10	3	0	13	0
	3	16	4	0	20	0
<b>Total Tramo</b>		29	9	0	38	0
2	4	36	10	1	47	1
	5	44	16	0	60	0
	6	38	22	0	60	0
	7	24	14	0	38	0
<b>Total Tramo</b>		142	62	1	205	1
3	8	22	5	0	27	0
	9	8	6	1	15	3
	10	1	2	0	3	0
	11	7	3	0	10	0
<b>Total Tramo</b>		38	16	1	55	3

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 4.13 Detalle de Accidentes de los 5 años comprendidos por Tramos y Sub-Tramos

RESUMEN DE 5 AÑOS 2007 - 2009 Y 2011 - 2012						
TRAMOS	SUB TRAMOS	ACCIDENTES SIN VICTIMAS	ACCIDENTES CON VICTIMAS HERIDAS	ACCIDENTES CON VICTIMAS FATALES	TOTAL DE ACCIDENTES	N° DE VICTIMAS FATALES
1	1	48	16	1	65	1
	2	76	42	4	122	4
	3	124	56	4	184	4
<b>Total Tramo</b>		<b>248</b>	<b>114</b>	<b>9</b>	<b>371</b>	<b>9</b>
2	4	189	43	3	235	3
	5	162	93	4	259	4
	6	257	77	1	335	1
	7	143	45	2	190	2
<b>Total Tramo</b>		<b>751</b>	<b>258</b>	<b>10</b>	<b>1019</b>	<b>10</b>
3	8	135	51	3	189	3
	9	55	26	6	87	8
	10	26	16	4	46	4
	11	31	14	0	45	0
<b>Total Tramo</b>		<b>247</b>	<b>107</b>	<b>13</b>	<b>367</b>	<b>15</b>

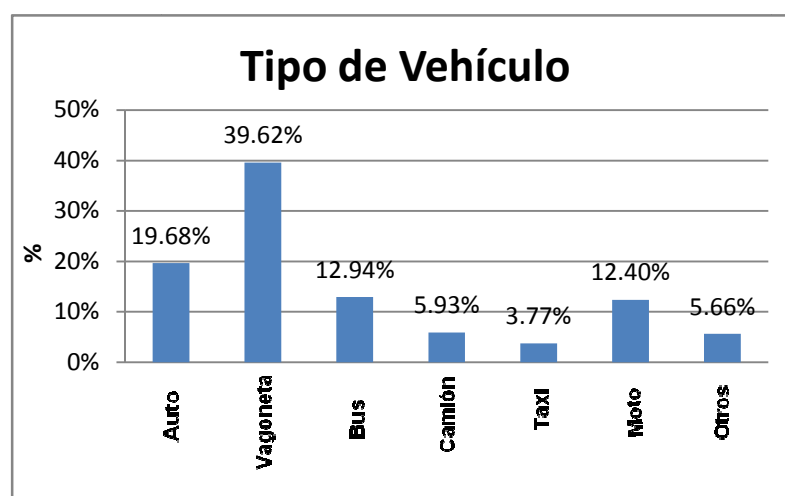
Fuente: Elaboración Propia

- **Tipo de Vehículo involucrado.-**

Del análisis estadístico realizado, se observa los siguientes porcentajes del tipo de vehículos involucrados en los accidentes de tránsito evaluados por cada tramo en estudio. A lo largo de los 5 años del periodo evaluado.

**Tipo de vehículos involucrados en el Acceso Norte de la Ciudad (Tramo 1)**

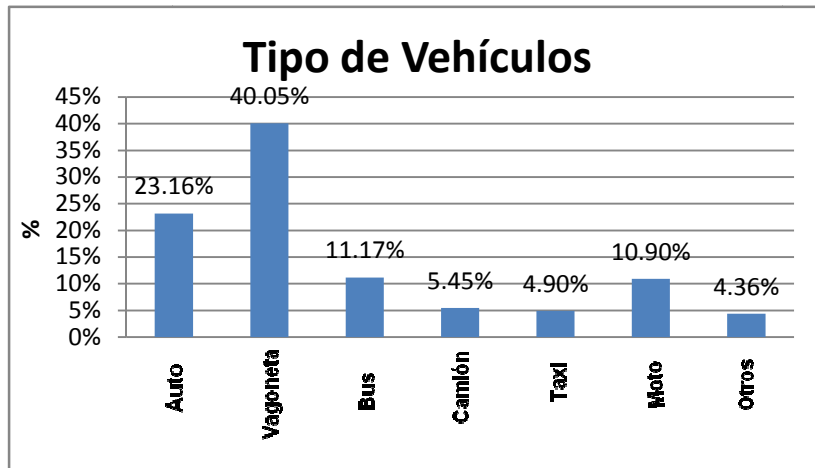
Gráfica N° 4.5 Tipo de Vehículo involucrado – Tramo 1



Fuente: Elaboración Propia

### Tipo de vehículos involucrados en el Tramo Central (Tramo 2)

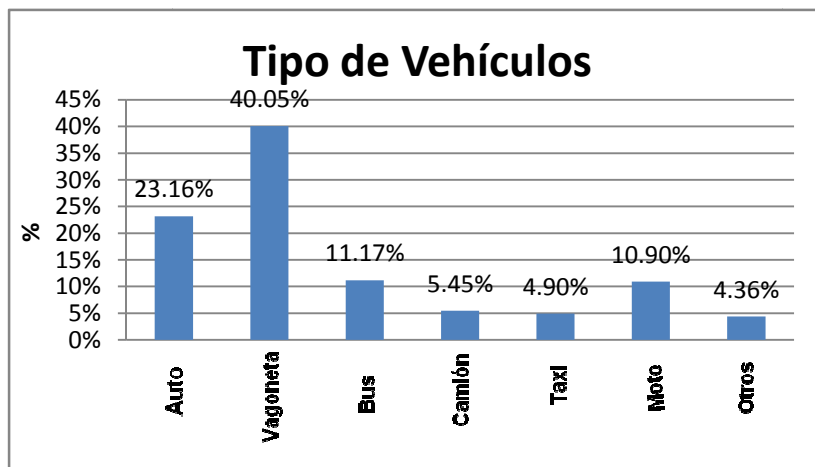
Gráfica N° 4.6 Tipo de Vehículo involucrado – Tramo 2



Fuente: Elaboración Propia

### Tipo de vehículos involucrados en el Acceso Sur de la Ciudad (Tramo 3)

Gráfica N° 4.7 Tipo de Vehículo involucrado – Tramo 3



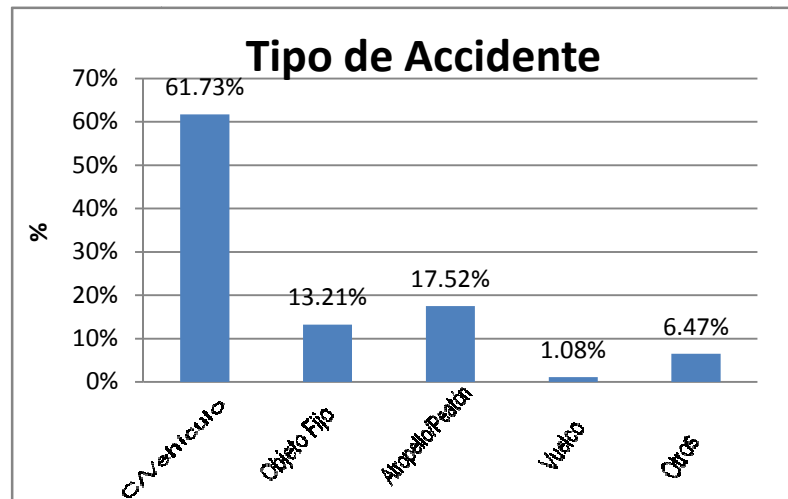
Fuente: Elaboración Propia

- **Clase o Tipo de Accidente**

Del análisis estadístico realizado, se observa los siguientes porcentajes del tipo de accidente de tránsito ocurrido en cada tramo estudiado.

**Tipo de accidente ocurrido en el Acceso Norte de la Ciudad (Tramo 1)**

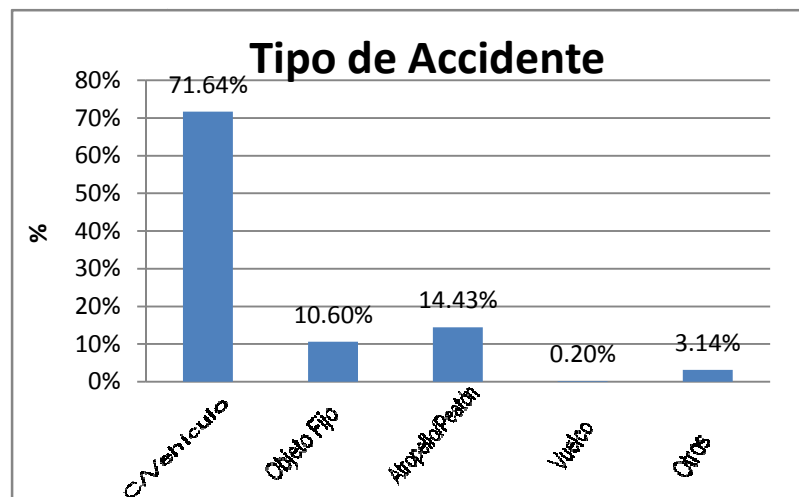
*Gráfica N° 4.8 Tipo de Accidente – Tramo 1*



*Fuente: Elaboración Propia*

**Tipo de accidente ocurrido en el Tramo Central (Tramo 2)**

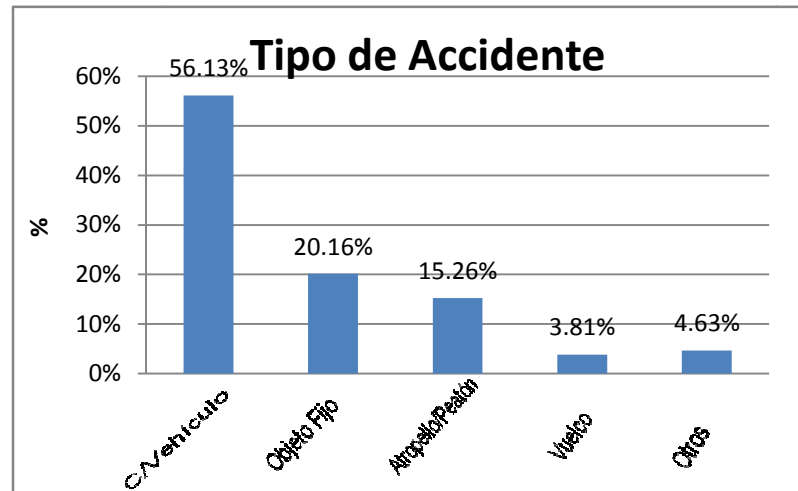
*Gráfica N° 4.9 Tipo de Accidente – Tramo 2*



*Fuente: Elaboración Propia*

### Tipo de accidente ocurrido en el Acceso Sur de la Ciudad (Tramo 3)

Gráfica N° 4.10 Tipo de Accidente – Tramo 3



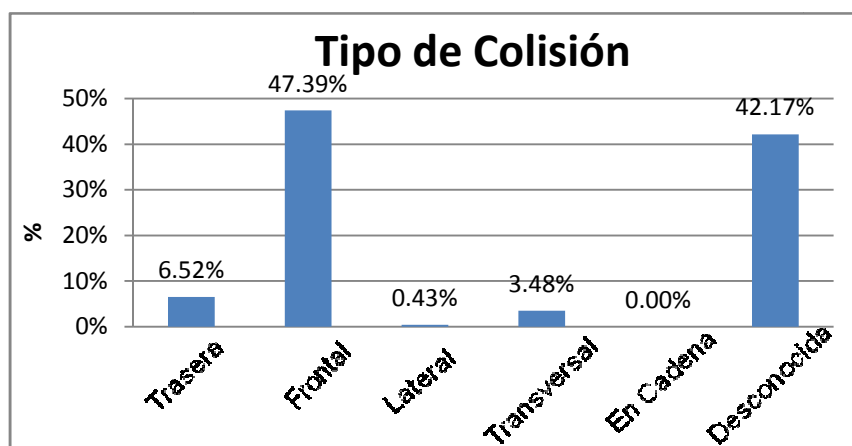
Fuente: Elaboración Propia

- **Tipo de Colisión**

Del análisis estadístico realizado, se observa los siguientes porcentajes del tipo de colisión de accidente de tránsito con choque a vehículos ocurrido en cada tramo estudiado.

### Tipo de colisión de los accidentes en el Acceso Norte de la Ciudad (Tramo 1)

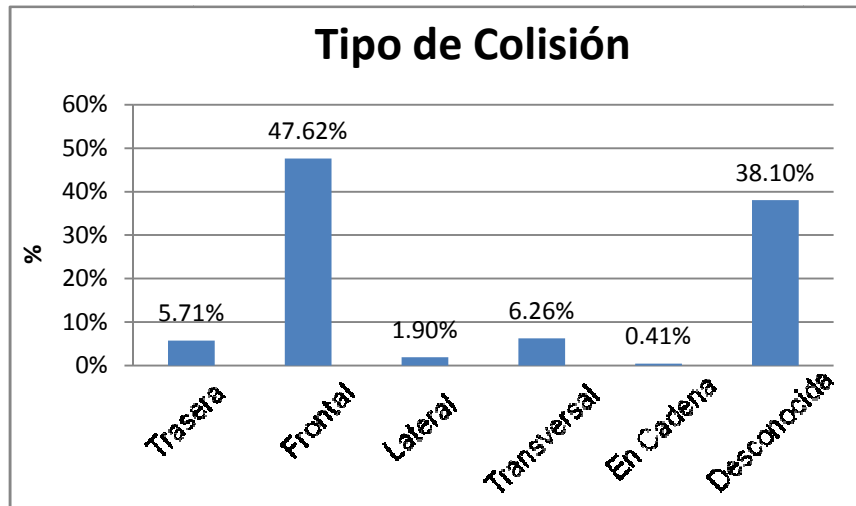
Gráfica N° 4.11 Tipo de Colisión – Tramo 1



Fuente: Elaboración Propia

### Tipo de colisión de los accidentes en el Tramo Central (Tramo 2)

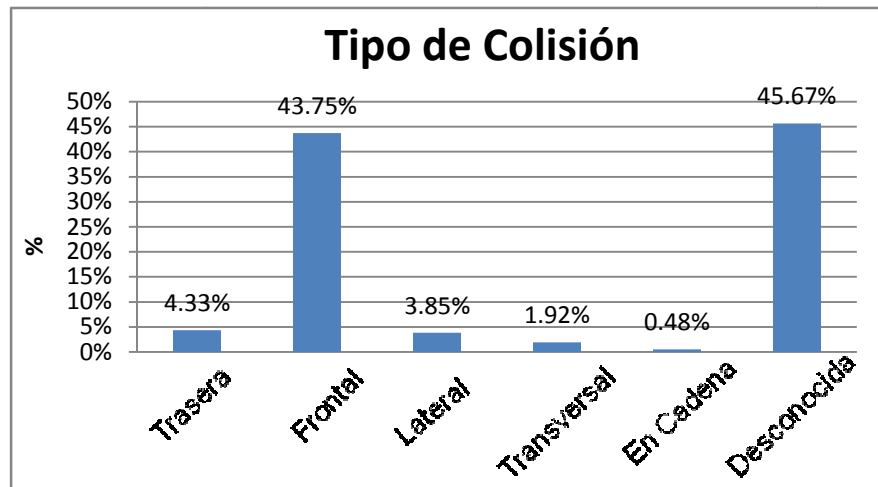
Gráfica N° 4.12 Tipo de Colisión – Tramo 2



Fuente: Elaboración Propia

### Tipo de colisión de los accidentes en el Acceso Sur de la Ciudad (Tramo 3)

Gráfica N° 4.13 Tipo de Colisión – Tramo 3



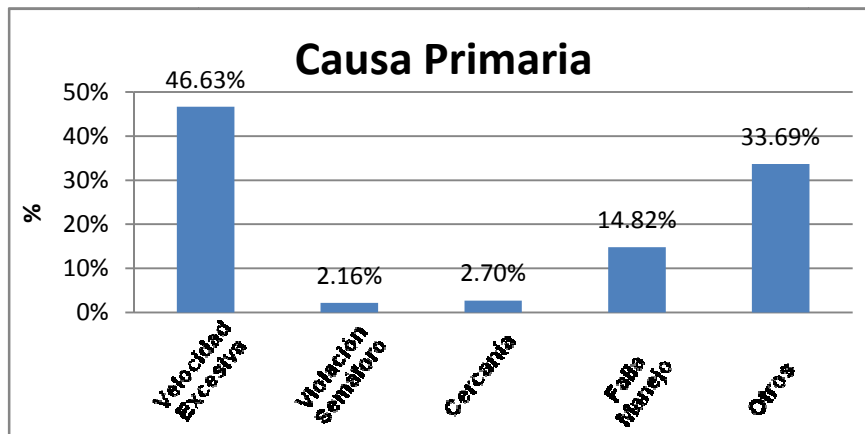
Fuente: Elaboración Propia

- **Causa Primaria del Accidente**

Del análisis estadístico realizado, se observa los siguientes porcentajes de las causas primarias de los accidentes de tránsito ocurrido en cada tramo estudiado.

**Causas primarias de los accidentes en el Acceso Norte de la Ciudad (Tramo 1)**

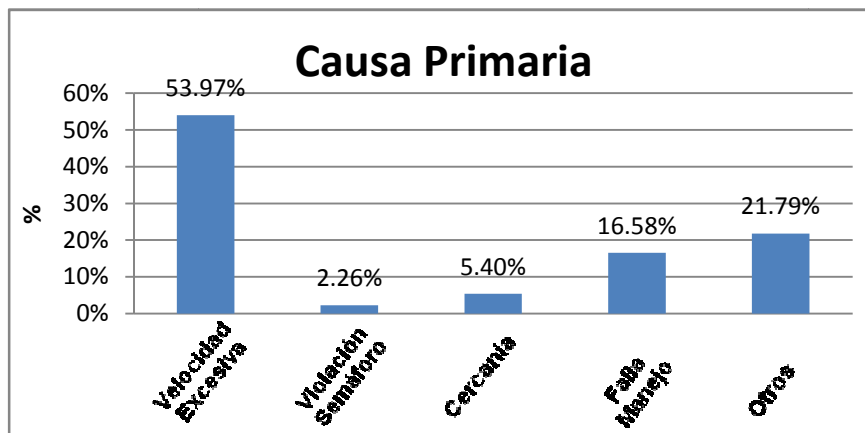
*Gráfica N° 4.14 Causa Primaria del Accidente – Tramo 1*



*Fuente: Elaboración Propia*

**Causas primarias de los accidentes en el Tramo Central (Tramo 2)**

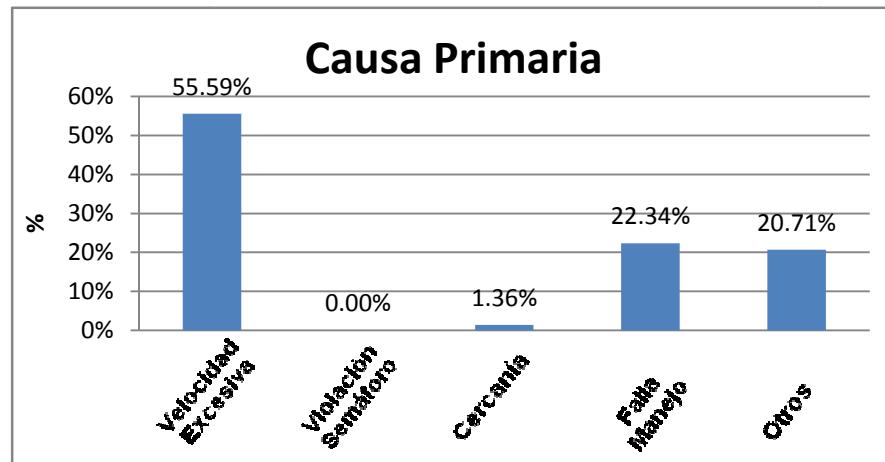
*Gráfica N° 4.15 Causa Primaria del Accidente – Tramo 2*



*Fuente: Elaboración Propia*

### Causas primarias de los accidentes en el Acceso Sur de la Ciudad (Tramo 3)

Gráfica N° 4.16 Causa Primaria del Accidente – Tramo 3



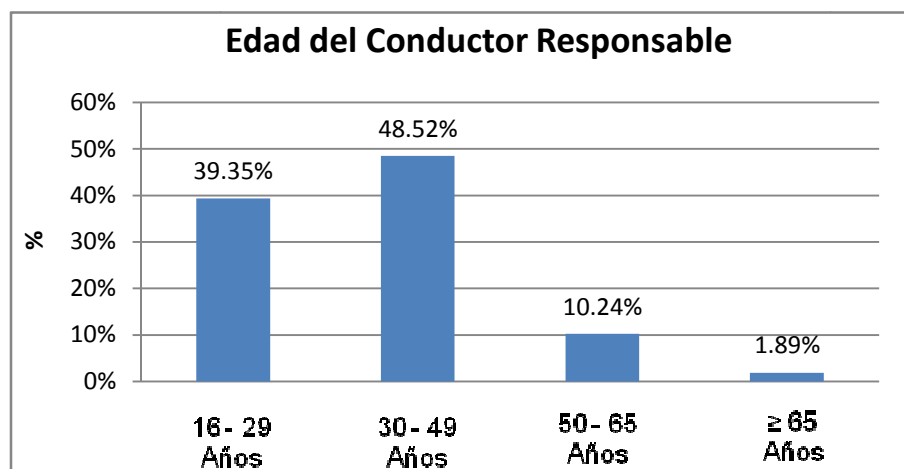
Fuente: Elaboración Propia

- **Edad del Conductor Responsable del Accidente**

Del análisis estadístico realizado, se observa los siguientes porcentajes de edad del conductor responsable del accidente de tránsito.

### Edad del conductor responsable del accidente de tránsito en el Acceso Norte de la Ciudad (Tramo 1)

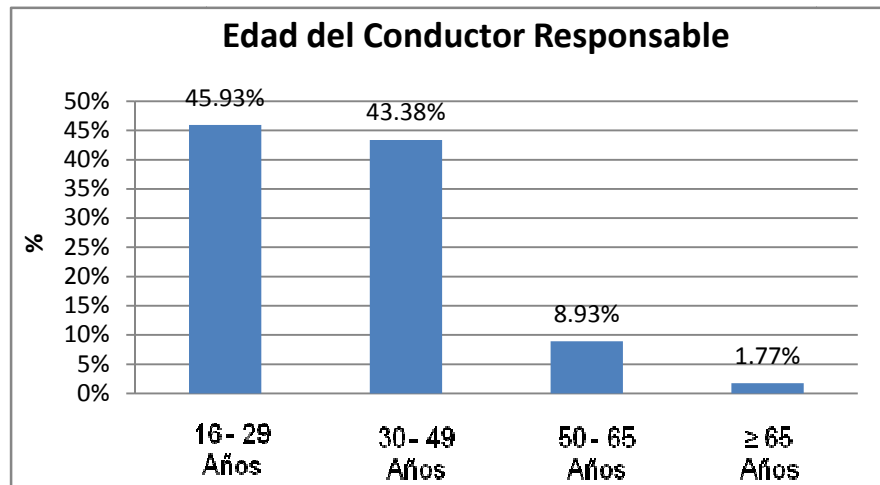
Gráfica N° 4.17 Edad Conductor Responsable – Tramo 1



Fuente: Elaboración Propia

### Edad del conductor responsable del accidente de tránsito en el Tramo Central (Tramo 2)

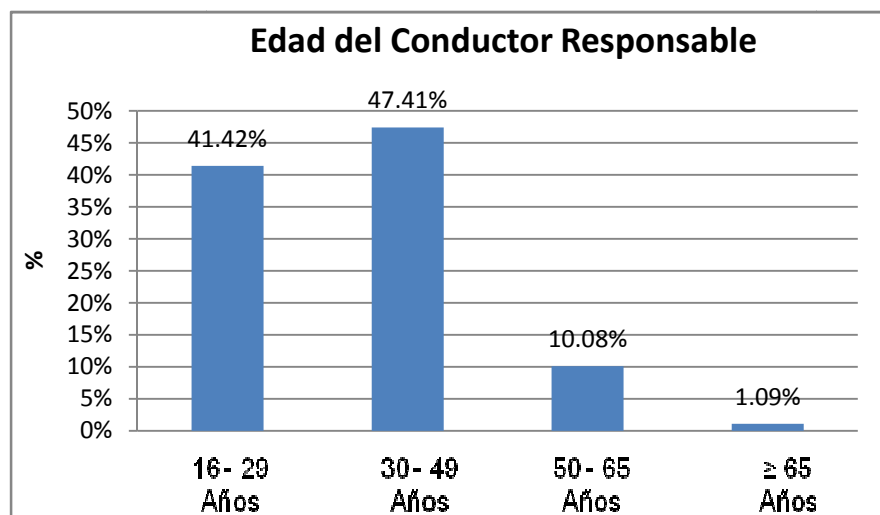
Gráfica N° 4.18 Edad Conductor Responsable – Tramo 2



Fuente: Elaboración Propia

### Edad del conductor responsable del accidente de tránsito en el Acceso Sur de la Ciudad (Tramo 3)

Gráfica N° 4.18 Edad Conductor Responsable – Tramo 3



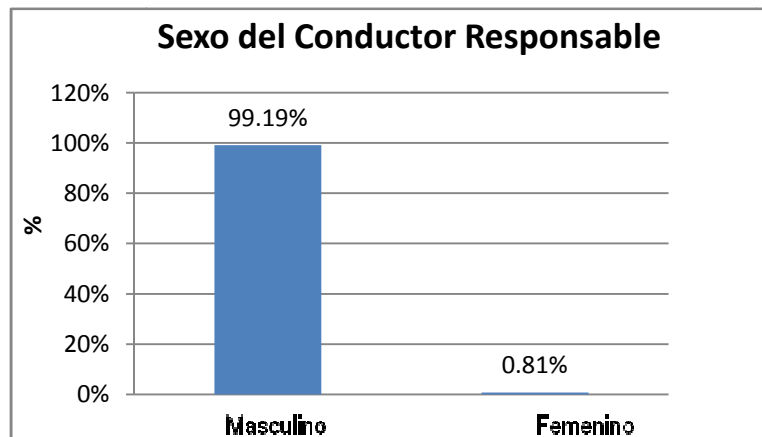
Fuente: Elaboración Propia

- **Sexo del Conductor Responsable**

Del análisis estadístico realizado, se observa los siguientes porcentajes de sexo (masculino, femenino) del conductor responsable del accidente de tránsito.

**Sexo del conductor responsable del accidente de tránsito en el Acceso Norte de la Ciudad (Tramo 1)**

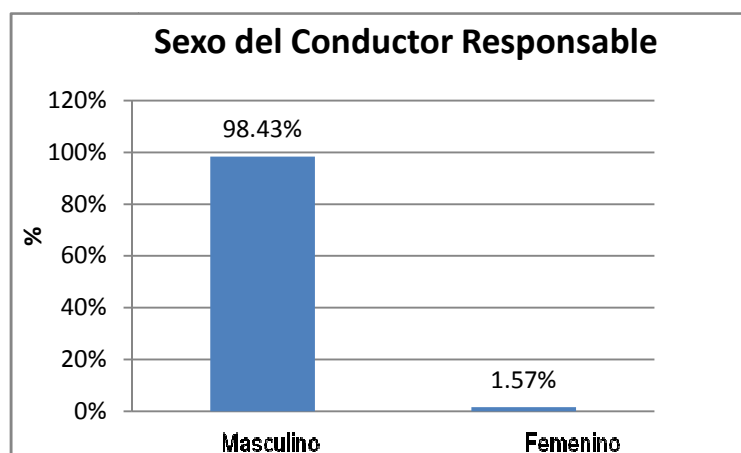
*Gráfica N° 4.19 Sexo Conductor Responsable – Tramo 1*



*Fuente: Elaboración Propia*

**sexo del conductor responsable del accidente de tránsito en el Tramo Central (Tramo 2)**

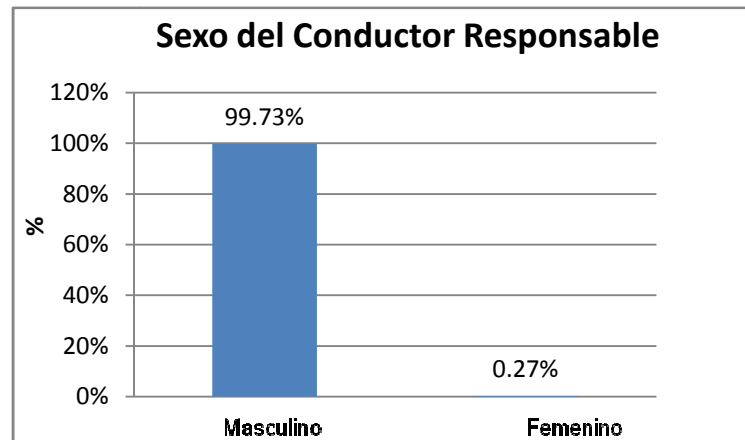
*Gráfica N° 4.20 Sexo Conductor Responsable – Tramo 2*



*Fuente: Elaboración Propia*

### Sexo del conductor responsable del accidente de tránsito en el Acceso Sur de la Ciudad (Tramo 3)

Gráfica N° 4.21 Sexo Conductor Responsable – Tramo 3



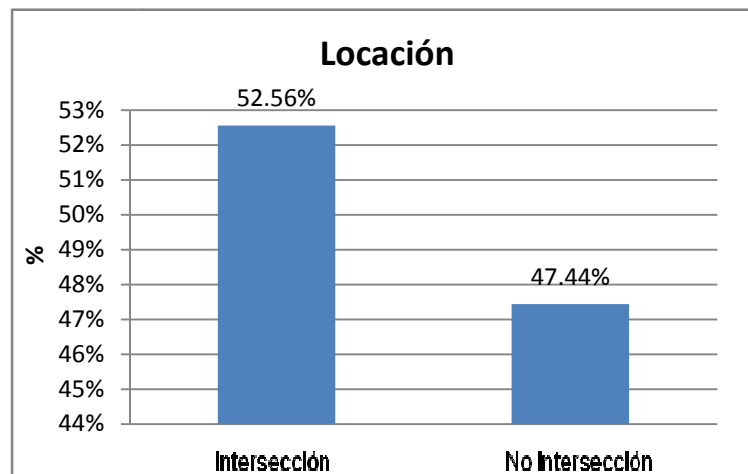
Fuente: Elaboración Propia

- **Locación del Accidente**

Del análisis estadístico realizado, se observa los siguientes porcentajes de la locación (intersección, no intersección) del accidente de tránsito ocurrido en cada tramo estudiado.

### Locación del accidente ocurrido en el Acceso Norte de la Ciudad (Tramo 1)

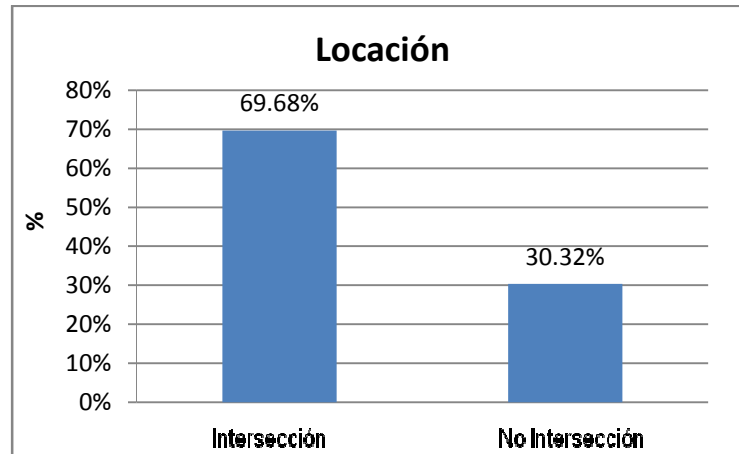
Gráfica N° 4.22 Causa Primaria del Accidente – Tramo 1



Fuente: Elaboración Propia

### Locación del accidente ocurrido en el Tramo Central (Tramo 2)

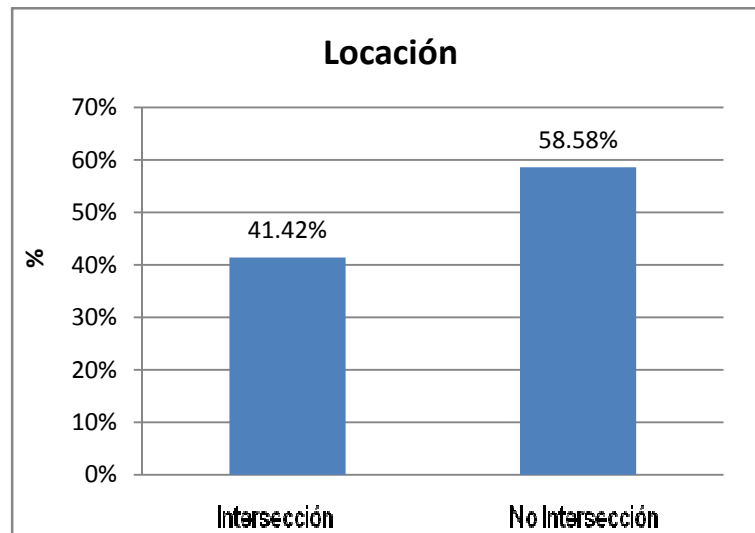
Gráfica N° 4.23 Causa Primaria del Accidente – Tramo 2



Fuente: Elaboración Propia

### Locación del accidente ocurrido en el Acceso Sur de la Ciudad (Tramo 3)

Gráfica N° 4.24 Causa Primaria del Accidente – Tramo 3



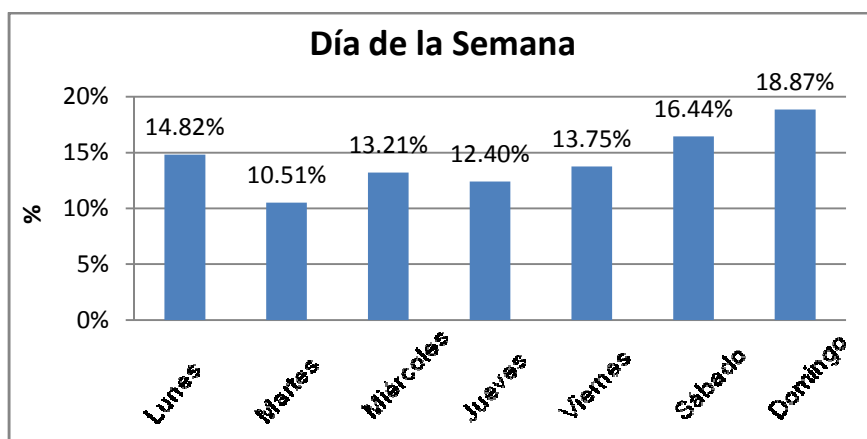
Fuente: Elaboración Propia

- **Día de Ocurrencia del Accidente**

Del análisis estadístico realizado, se observa los siguientes porcentajes de ocurrencia de accidentes según el día del acontecimiento del accidente de tránsito ocurrido en cada tramo estudiado.

**Día de ocurrencia del accidente de tráfico, en el Acceso Norte de la Ciudad (Tramo 1)**

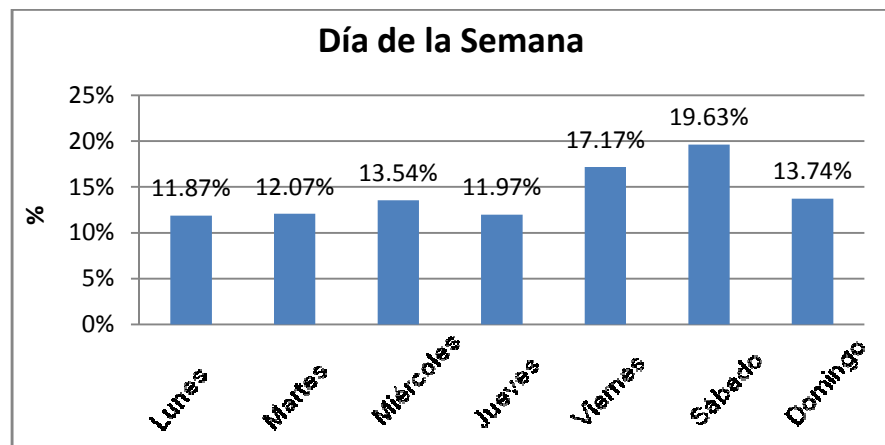
*Gráfica N° 4.25 Día de Ocurrencia del Accidente – Tramo 1*



*Fuente: Elaboración Propia*

**Día de ocurrencia del accidente de tránsito, en el Tramo Central (Tramo 2)**

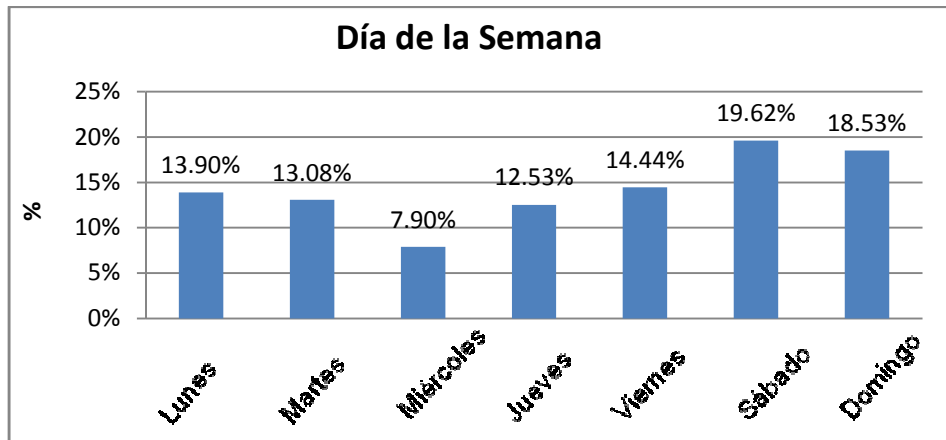
*Gráfica N° 4.26 Día de Ocurrencia del Accidente – Tramo 2*



*Fuente: Elaboración Propia*

### Día de ocurrencia del accidente de tránsito, en el Acceso Sur de la Ciudad (Tramo 3)

Gráfica N° 4.27 Día de Ocurrencia del Accidente – Tramo 3



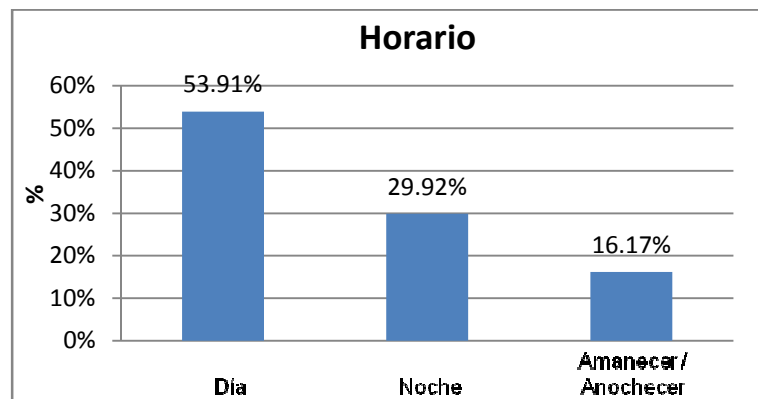
Fuente: Elaboración Propia

- **Horario de Ocurrencia del Accidente**

Del análisis estadístico realizado, se observa los siguientes porcentajes de ocurrencia de accidentes según el horario del acontecimiento del accidente de tránsito ocurrido en cada tramo estudiado.

### Horario de ocurrencia del accidente de tránsito, en el Acceso Norte de la Ciudad (Tramo 1)

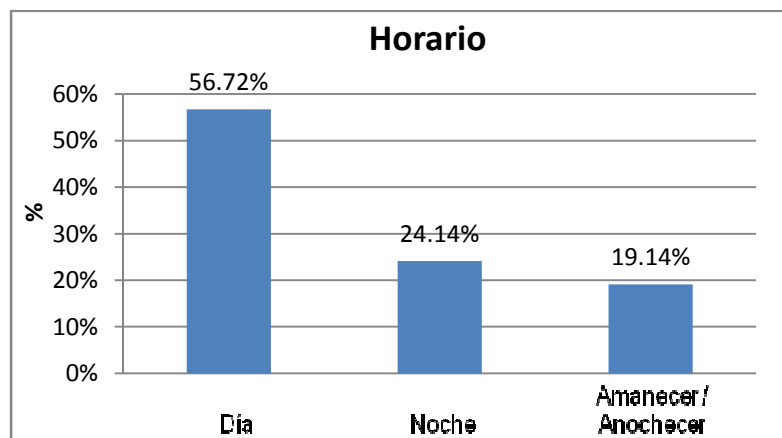
Gráfica N° 4.28 Horario de Ocurrencia del Accidente – Tramo 1



Fuente: Elaboración Propia

### Horario de ocurrencia del accidente de tránsito, en el Tramo Central (Tramo 2)

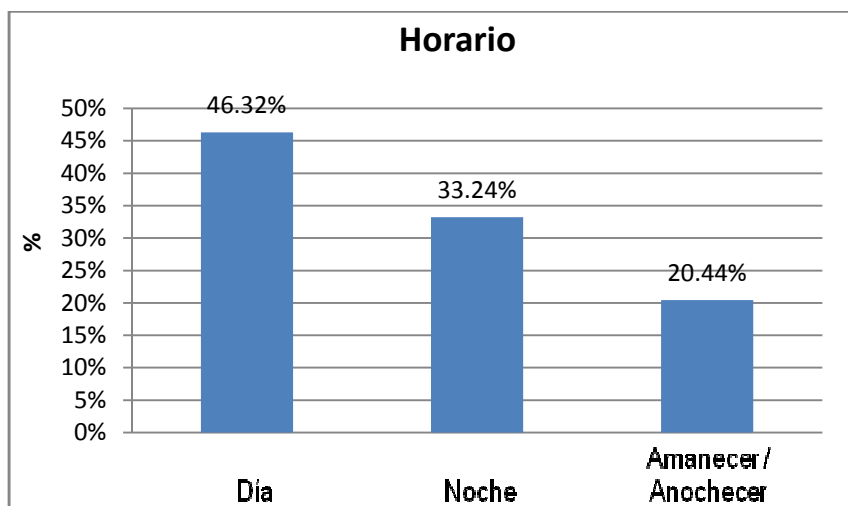
Gráfica N° 4.29 Horario de Ocurrencia del Accidente – Tramo 2



Fuente: Elaboración Propia

### Horario de ocurrencia del accidente de tránsito, en el Acceso Sur de la Ciudad (Tramo 3)

Gráfica N° 4.30 Horario de Ocurrencia del Accidente – Tramo 3



Fuente: Elaboración Propia

### 3.4 IDENTIFICACIÓN DE TRAMOS DE CONCENTRACIÓN DE ACCIDENTES

Para la aplicación de cada uno de los métodos de identificación de tramos de concentración de accidentes se procedió a sub-tramificar cada tramo en estudio en longitudes homogéneas para una mejor aplicación de dichas metodologías, dividiendo en 11 sub-tramos de 1.2 km de longitud cada uno como ya se detalló anteriormente (ver Tabla N° 4.7), para así poder determinar resultados más confiables.

#### 3.4.1 Aplicación del Método del Índice de Peligrosidad

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

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

Tabla N° 4.14 ACV de cada sub-tramo en cada año del periodo de estudio

CANTIDAD DE ACCIDENTES CON VICTIMAS POR AÑO (ACV)								
TRAMOS	SUB TRAMOS	Año 2007	Año 2008	Año 2009	Año 2011	Año 2012	TMDA (veh/día)	Vol. Anual
1	1	1	4	5	5	2	8953	3267845
	2	6	6	17	14	3		
	3	7	19	20	10	4		
2	4	4	8	14	9	11	18472	6742280
	5	7	26	28	20	16		
	6	7	13	10	26	22		
	7	7	5	9	12	14		
3	8	7	8	21	13	5	9298	3393770
	9	4	8	6	7	7		
	10	3	4	6	5	2		
	11	2	3	1	5	3		

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 4.15. Número de Muertos en Accidentes de Tráfico

N° DE VICTIMAS FATALES POR AÑO								
TRAMOS	SUB TRAMOS	Año 2007	Año 2008	Año 2009	Año 2011	Año 2012	TMDA (veh/dia)	Vol. Anual
1	1	1	1	1	1	1	8953	3267845
	2	0	2	0	2	0		
	3	0	3	0	3	0		
2	4	2	4	2	4	2	18472	6742280
	5	0	5	0	5	0		
	6	0	6	0	6	0		
	7	0	7	0	7	0		
3	8	3	8	3	8	3	9298	3393770
	9	0	9	0	9	3		
	10	0	10	0	10	0		
	11	0	11	0	11	0		

Fuente: Elaboración Propia

- Resultados de Índice de Peligrosidad**

Tabla N° 4.16. Resultados del Índice de Peligrosidad

TRAMOS	SUB TRAMOS	INDICE DE PELIGROSIDAD "IP"				
		Año 2007	Año 2008	Año 2009	Año 2011	Año 2012
1	1	26	102	128	128	51
	2	153	153	434	357	77
	3	179	485	510	255	102
2	4	49	99	173	111	136
	5	87	321	346	247	198
	6	87	161	124	321	272
	7	87	62	111	148	173
3	8	172	196	516	319	123
	9	98	196	147	172	172
	10	74	98	147	123	49
	11	49	74	25	123	74

Fuente: Elaboración Propia

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

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

#### 4.4.1.1 Resumen de verificación de TCA mediante el método del Índice de Peligrosidad

Tabla N° 4.17. Verificación TCA – Método Índice de Peligrosidad

TRAMOS	SUB TRAMOS	VERIFICACIÓN TCA				
		Año 2007	Año 2008	Año 2009	Año 2011	Año 2012
1	1		TCA	TCA	TCA	
	2	TCA	TCA	TCA	TCA	TCA
	3	TCA	TCA	TCA	TCA	TCA
2	4		TCA	TCA	TCA	TCA
	5	TCA	TCA	TCA	TCA	TCA
	6	TCA	TCA	TCA	TCA	TCA
	7	TCA	TCA	TCA	TCA	TCA
3	8	TCA	TCA	TCA	TCA	TCA
	9	TCA	TCA	TCA	TCA	TCA
	10	TCA	TCA	TCA	TCA	
	11		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 sub-tramos casi en general presentan un índice de peligrosidad muy alto lo cual verifica TCA en gran magnitud a lo largo de los 3 tramos en estudio. 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 Tarija lo cual verificaremos con los posteriores métodos de identificación de TCA.

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

Como bien vimos la incongruencia de los resultados obtenidos por el método predecesor a este, si bien este método implica mejoras en su nueva versión y se han realizado nuevos ajustes de tránsito y tipos de vías, para obtener mejores resultados, estos fueron ajustados para las características de vías y tránsito de España. Lo que genera cierta insensibilidad respecto de los bajos tránsitos que comparativamente se registran en caminos del País de Bolivia.

### **3.4.3 Aplicación Método del Número o Frecuencia 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 utilizaran las longitudes de los sub-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° 4.7”.

#### **4.4.3.1 Identificación de TCA según el criterio de la Media**

Determinamos la frecuencia de accidentes para cada sub-tramo presentando estas a continuación en la Tabla N° 4.18

$$N_i = \frac{\text{NumeroDeAccidentesEnElTramo}(i)}{\text{LongitudDeTramo}(i)}$$

Tabla N° 4.18. Frecuencia de accidentes determinadas en cada sub-tramo

FRECUENCIA DE ACCIDENTES		
TRAMO	SUB-TRAMO	Ni
<b>Acceso Norte</b>	1	54
	2	102
	3	153
<b>Zona Central</b>	4	196
	5	216
	6	279
	7	158
<b>Acceso Sur</b>	8	158
	9	73
	10	38
	11	38

*Fuente: Elaboración Propia*

- **Determinación de valores de frecuencia media.**

Valores calculados para cada tramo: Acceso norte, Tramo central y Acceso Sur.

Tabla N° 4.19. Valores de frecuencia media

Frecuencia Media (Nm)		
Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3
103.06	212.29	76.46

*Fuente: Elaboración Propia*

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

$$T_i \geq k \cdot T_m$$

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

Según este criterio no se identificó ningún TCA en los tramos 1 y 2, encontrando solo un TCA en el Tramo 3, sub-tramo 8

Tabla N° 4.20. Identificación de TCA criterio de la media

Tramos	N°	Sub Tramos de la Red Vial Panamericana	Verificación TCA
Acceso Norte (Tramo 1)	1	Puente Tomatitas - Rotonda San Mateo	-
	2	Rotonda San Mateo - Local Gigante América	-
	3	Local Gigante América - Rotonda Col. Fe y Alegría	-
Tramo Central (Tramo 2)	4	Rotonda Col. Fe y Alegría - Rotonda El Verano	-
	5	Rotonda El Verano - Colegio Liceo Tarija	-
	6	Colegio Liceo Tarija - C/Daniel Sossa	-
	7	C/Daniel Sossa - Rotonda Tres Pasos Al Frente	-
Acceso Sur (Tramo 3)	8	Rotonda Tres Pasos Al Frente - Parada del Chaco	TCA
	9	Parada del Chaco - Gasolinera San Jorge II	-
	10	Gasolinera San Jorge II - Matadero Municipal	-
	11	Matadero Municipal - Tranca El Portillo	-

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.4.3.2 Identificación de TCA según el criterio del nivel de confianza

- **Determinación de valores de desviación estándar.**

Tabla N° 4.21. Valores de desviación estándar

Desvio Estándar de la Frecuencia (Nd)		
Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3
49.60	50.55	56.43

Fuente: Elaboración Propia

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

$$N_i \geq k \cdot Nd + Nm$$

Para el criterio del nivel de confianza se toma un 90% ( $k = 1.282$ ) sacado de la Tabla N° 3.3

El método mediante este criterio no identificó ningún TCA en el tramo 1 e identificó un TCA en cada uno de los tramos 2 y 3.

Tabla N° 4.22. Identificación de TCA, criterio del nivel de confianza

Tramos	N°	Sub Tramos de la Red Vial Panamericana	Verificación TCA
Acceso Norte (Tramo 1)	1	Puente Tomatitas - Rotonda San Mateo	-
	2	Rotonda San Mateo - Local Gigante América	-
	3	Local Gigante América - Rotonda Col. Fe y Alegría	-
Tramo Central (Tramo 2)	4	Rotonda Col. Fe y Alegría - Rotonda El Verano	-
	5	Rotonda El Verano - Colegio Liceo Tarija	-
	6	Colegio Liceo Tarija - C/Daniel Sossa	TCA
	7	C/Daniel Sossa - Rotonda Tres Pasos Al Frente	-
Acceso Sur (Tramo 3)	8	Rotonda Tres Pasos Al Frente - Parada del Chaco	TCA
	9	Parada del Chaco - Gasolinera San Jorge II	-
	10	Gasolinera San Jorge II - Matadero Municipal	-
	11	Matadero Municipal - Tranca El Portillo	-

Fuente: Elaboración Propia

### 3.4.4 Aplicación Método 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 sub-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° 4.7”.

#### 4.4.4.1 Localización de TCA según el criterio de la Media

- **Determinación de la tasa de accidentes.**

Determinamos la tasa de accidentes para cada sub-tramo presentando estas a continuación en la Tabla N° 4.23. Para esta aplicación el número de días corresponde a los 5 años de periodo del estudio.

$$T_i = \frac{\text{AccidentesEnElTramo}}{\text{TMDA} * \text{N}^\circ \text{ deDias} * \text{LongitudDeTramo}} * 10^6$$

Tabla N° 4.23. Tasa de accidentes determinadas en cada sub-tramo

TASA DE ACCIDENTES		
TRAMO	SUB-TRAMO	Ti
Acceso Norte	1	3.32
	2	6.22
	3	9.38
Zona Central	4	5.81
	5	6.40
	6	8.28
	7	4.70
Acceso Sur	8	9.28
	9	4.27
	10	2.26
	11	2.21

Fuente: Elaboración Propia

- **Determinación de valores de la tasa media**

Tabla N° 4.24. Valores de tasa media

Tasa Media (Tm)		
Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3
6.307	6.297	4.51

Fuente: Elaboración Propia

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

$$T_i \geq k \cdot T_m$$

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

Para este método, según este criterio no se identificó ningún TCA en los tramos 1 y 2, encontrando solo un TCA en el Tramo 3, sub-tramo 8.

Tabla N° 4.25. Identificación de TCA criterio de la media

Tramos	N°	Sub Tramos de la Red Vial Panamericana	Verificación TCA
Acceso Norte (Tramo 1)	1	Puente Tomatitas - Rotonda San Mateo	-
	2	Rotonda San Mateo - Local Gigante América	-
	3	Local Gigante América - Rotonda Col. Fe y Alegría	-
Tramo Central (Tramo 2)	4	Rotonda Col. Fe y Alegría - Rotonda El Verano	-
	5	Rotonda El Verano - Colegio Liceo Tarija	-
	6	Colegio Liceo Tarija - C/Daniel Sossa	-
	7	C/Daniel Sossa - Rotonda Tres Pasos Al Frente	-
Acceso Sur (Tramo 3)	8	Rotonda Tres Pasos Al Frente - Parada del Chaco	TCA
	9	Parada del Chaco - Gasolinera San Jorge II	-
	10	Gasolinera San Jorge II - Matadero Municipal	-
	11	Matadero Municipal - Tranca El Portillo	-

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.4.4.2 Localización de TCA según el criterio del nivel de confianza

- **Determinación de valores de desviación estándar.**

Tabla N° 4.26. Valores de Desvío de la Tasa

Desvío Estándar de la Tasa (Td)		
Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3
3.04	1.50	3.33

Fuente: Elaboración Propia

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

$$N_i \geq k \cdot Td + Tm$$

Para el criterio del nivel de confianza se toma un 90% ( $k = 1.282$ ) sacado de la Tabla N° 3.3

El método mediante este criterio, no identificó ningún TCA en el tramo 1 e identificó un TCA en cada uno de los tramos 2 y 3.

Tabla N° 4.27. Identificación de TCA, criterio del nivel de confianza

Tramos	N°	Sub Tramos de la Red Vial Panamericana	Verificación TCA
Acceso Norte (Tramo 1)	1	Puente Tomatitas - Rotonda San Mateo	-
	2	Rotonda San Mateo - Local Gigante América	-
	3	Local Gigante América - Rotonda Col. Fe y Alegría	-
Tramo Central (Tramo 2)	4	Rotonda Col. Fe y Alegría - Rotonda El Verano	-
	5	Rotonda El Verano - Colegio Liceo Tarija	-
	6	Colegio Liceo Tarija - C/Daniel Sossa	TCA
	7	C/Daniel Sossa - Rotonda Tres Pasos Al Frente	-
Acceso Sur (Tramo 3)	8	Rotonda Tres Pasos Al Frente - Parada del Chaco	TCA
	9	Parada del Chaco - Gasolinera San Jorge II	-
	10	Gasolinera San Jorge II - Matadero Municipal	-
	11	Matadero Municipal - Tranca El Portillo	-

Fuente: Elaboración Propia

### 3.4.5 Aplicación del Método del Número - Tasa de Accidentes

El método del número – tasa de accidentes se aplica considerando también los dos criterios (el de la media y el nivel de confianza) para calcular el límite a partir del cual se detecta un tramo de concentración de accidentes (o TCA).

Los valores medios y el desvío de las muestras se encuentran en las Tablas 4.19 y 4.21 para el método del número y en las Tablas 4.24 y 4.26 para el método de la tasa. El coeficiente de mayoración se estableció en el valor  $k=2$  para el criterio de la media, mientras que se estableció en 90% ( $k= 1,282$ ) el criterio del nivel de confianza.

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 los volúmenes de tráfico total determinadas para cada tramo, como se mostró en el resumen de la “Tabla N° 4.7”.

#### 4.4.5.1 Identificación de TCA, criterio de la media.

Con los resultados ya determinados de la frecuencia y tasa de accidentes para cada sub-tramo, encontrados en las Tablas 4.18 y 4.23 respectivamente, se verifican los TCA cumpliendo las dos condición siguientes:

$$N_i \geq k \cdot Nm \text{ y } T_i \geq k \cdot Tm$$

Para este método al igual que en los anteriores métodos, según este criterio no se identificó ningún TCA en los tramos 1 y 2, encontrando solo un TCA en el Tramo 3, sub-tramo 8.

Tabla N° 4.28. Identificación de TCA criterio de la media

Tramos	N°	Sub Tramos de la Red Vial Panamericana	Verificación TCA
Acceso Norte (Tramo 1)	1	Puente Tomatitas - Rotonda San Mateo	-
	2	Rotonda San Mateo - Local Gigante América	-
	3	Local Gigante América - Rotonda Col. Fe y Alegría	-
Tramo Central (Tramo 2)	4	Rotonda Col. Fe y Alegría - Rotonda El Verano	-
	5	Rotonda El Verano - Colegio Liceo Tarija	-
	6	Colegio Liceo Tarija - C/Daniel Sossa	-
	7	C/Daniel Sossa - Rotonda Tres Pasos Al Frente	-
Acceso Sur (Tramo 3)	8	Rotonda Tres Pasos Al Frente - Parada del Chaco	TCA
	9	Parada del Chaco - Gasolinera San Jorge II	-
	10	Gasolinera San Jorge II - Matadero Municipal	-
	11	Matadero Municipal - Tranca El Portillo	-

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.4.5.2 Identificación de TCA, criterio del nivel de confianza.

Con los resultados ya determinados de la frecuencia y tasa de accidentes para cada sub-tramo, encontrados en las Tablas 4.18 y 4.23 respectivamente, se verifican los TCA cumpliendo las dos condición siguientes, de acuerdo al nivel de confianza utilizado:

$$N_i \geq k \cdot Nd + Nm \text{ y } T_i \geq k \cdot Td + Tm$$

El método mediante este criterio, no identificó ningún TCA en el tramo 1 e identifico un TCA en cada uno de los tramos 2 y 3.

*Tabla N° 4.29. Identificación de TCA criterio de la media*

Tramos	N°	Sub Tramos de la Red Vial Panamericana	Verificación TCA
<b>Acceso Norte (Tramo 1)</b>	1	Puente Tomatitas - Rotonda San Mateo	-
	2	Rotonda San Mateo - Local Gigante América	-
	3	Local Gigante América - Rotonda Col. Fe y Alegría	-
<b>Tramo Central (Tramo 2)</b>	4	Rotonda Col. Fe y Alegría - Rotonda El Verano	-
	5	Rotonda El Verano - Colegio Liceo Tarija	-
	6	Colegio Liceo Tarija - C/Daniel Sossa	TCA
	7	C/Daniel Sossa - Rotonda Tres Pasos Al Frente	-
<b>Acceso Sur (Tramo 3)</b>	8	Rotonda Tres Pasos Al Frente - Parada del Chaco	TCA
	9	Parada del Chaco - Gasolinera San Jorge II	-
	10	Gasolinera San Jorge II - Matadero Municipal	-
	11	Matadero Municipal - Tranca El Portillo	-

*Fuente: Elaboración Propia*

### 3.4.6 Aplicación del Método del Control de 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 sub-tramo donde la longitud del camino se considera como la longitud de cada tramo que es estudiado independientemente como los accesos a la ciudad y un tramo central que recorre esta.

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 trato 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.

Al igual que en los anteriores métodos para la aplicación de éste se utilizaran las longitudes de los sub-tramos considerados los tramos para la detección de TCA, la cantidad de accidentes en cada uno de ellos y los volúmenes de tráfico. (ver Tabla N° 4.7”).

- **Determinación de la tasa y la tasa crítica de accidentes.**

Determinamos la tasa de accidentes para cada sub-tramo presentando estas anteriormente en la Tabla N° 4.23.

En la siguiente tabla presentamos la determinación del tránsito (millón de veh-Km) con lo que posteriormente determinaremos las tasas críticas de cada sub-tramo.

$$t_i = \frac{TMDA_i * N^\circ \text{ de Dias} * \text{Long. del Tramo}_i}{10^6}$$

Tabla N° 4.30. Valores de transito en (millón de veh-Km)

TRANSITO (millon de veh-Km)		
TRAMO	SUB-TRAMO	ti
<b>Acceso Norte</b>	1	19.61
	2	19.61
	3	19.61
<b>Zona Central</b>	4	40.45
	5	40.45
	6	40.45
	7	40.45
<b>Acceso Sur</b>	8	20.36
	9	20.36
	10	20.36
	11	20.36

*Fuente: Elaboración Propia*

Para el cálculo del  $Tc_i$  utilizamos los resultados de tasa media determinada anteriormente para cada tramo en estudio en la Tabla N° 4.24, con estos valores procedemos al cálculo de las tasas críticas de cada sub-tramo presentadas en la siguiente tabla:

$$Tc_i = Tm + k * \sqrt{\frac{Tm}{t_i}} + \frac{0.5}{t_i}$$

Tabla N° 4.30. Valores de tasa crítica

TASA CRÍTICA DE ACCIDENTES		
TRAMO	SUB-TRAMO	T <sub>ci</sub>
<b>Acceso Norte</b>	1	7.27
	2	7.27
	3	7.27
<b>Zona Central</b>	4	6.96
	5	6.96
	6	6.96
	7	6.96
<b>Acceso Sur</b>	8	5.30
	9	5.30
	10	5.30
	11	5.30

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.4.6.1 Verificación de TCA en los tramos de estudio.

$$T_i \geq T_{c_i}$$

Tabla N° 4.31. Identificación de TCA – Control de Calidad de la Tasa

Tramos	N°	Sub Tramos de la Red Vial Panamericana	Verificación TCA
<b>Acceso Norte (Tramo 1)</b>	1	Puente Tomatitas - Rotonda San Mateo	-
	2	Rotonda San Mateo - Local Gigante América	-
	3	Local Gigante América - Rotonda Col. Fe y Alegría	TCA
<b>Tramo Central (Tramo 2)</b>	4	Rotonda Col. Fe y Alegría - Rotonda El Verano	-
	5	Rotonda El Verano - Colegio Liceo Tarija	-
	6	Colegio Liceo Tarija - C/Daniel Sossa	TCA
	7	C/Daniel Sossa - Rotonda Tres Pasos Al Frente	-
<b>Acceso Sur (Tramo 3)</b>	8	Rotonda Tres Pasos Al Frente - Parada del Chaco	TCA
	9	Parada del Chaco - Gasolinera San Jorge II	-
	10	Gasolinera San Jorge II - Matadero Municipal	-
	11	Matadero Municipal - Tranca El Portillo	-

Fuente: Elaboración Propia

### 3.4.7 Método de la Tasa de Severidad de Accidentes.

Considerando que el método de la Tasa de Severidad de Accidentes, resulta útil solo para establecer las prioridades de cada tramo peligroso y no así para la detección directa de TCA, se aplica en el presente estudio simplemente para conocer la metodología y analizar los resultados sin realizar comparaciones con las otras metodologías ya realizadas.

- **Determinación de la unidad de patrón de severidad**

La asignación de los valores a los coeficientes de ponderación para el cálculo del UPS, se tomaron de estudios económicos realizados en Sao Paulo – Brasil, para tener una aproximación de los valores lo cual nos facilite el estudio, ya que no se tiene una norma establecida en nuestro país. Estos valores se detallan en la Tabla N°

$$UPS = C_{S/V} \cdot Acc_{S/V} + C_{C/V} \cdot Acc_{C/V} + C_m \cdot Acc_m$$

Tabla N° 4.32. Coeficientes de ponderación (UPS)

Coeficientes de Ponderación de la UPS		
$C_{S/V}$	$C_{C/V}$	$C_m$
1	4	6

Fuente: Análisis Económico: Sao Paulo - Brasil

Del los detalles de la tabla N° 4.13 obtenemos los datos de accidentes con víctimas, sin víctimas, y accidentes fatales.

$$TS_i = \frac{UPS_i}{TMDA * N^\circ \text{ de Dias} * Long. \text{ De Tramo}} * 10^6$$

Tabla N° 4.34. Valores de UPS

UNIDAD PATRÓN DE SEVERIDAD		
TRAMO	SUB-TRAMO	UPS
Acceso Norte	1	118
	2	268
	3	376
<b>TOTAL</b>		<b>762</b>
Zona Central	4	379
	5	562
	6	571
	7	335
<b>TOTAL</b>		<b>1847</b>
Acceso Sur	8	357
	9	199
	10	118
	11	87
<b>TOTAL</b>		<b>761</b>

Fuente: Elaboración Propia

- **Determinación de la tasa de severidad**

$$TS_i = \frac{UPS_i}{TMDA * N^\circ \text{ de Dias} * \text{Long. De Tramo}} * 10^6$$

Tabla N° 4.35. Valores de la Tasa de Severidad

TASA DE SEVERIDAD		
TRAMO	SUB-TRAMO	Tsi
Acceso Norte	1	6.02
	2	13.67
	3	19.18
Zona Central	4	9.37
	5	13.89
	6	14.11
	7	8.28
Acceso Sur	8	17.53
	9	9.77
	10	5.79
	11	4.27

Fuente: Elaboración Propia

$$TS_m = \frac{\sum UPS}{TMDA_{medio} * N^{\circ} de Dias * Long. Del Ca min o} * 10^6$$

Tabla N° 4.36 Valores de la Tasa Media de Severidad

Tasa Media de Severidad (Tm)		
Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3
12.955	11.414	9.343

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.4.7.1 Verificación de Tramos Peligrosos según su severidad

$$TS_i \geq K_{TS} TS_m$$

K = 2 factor de mayoración considerado para aproximaciones iniciales.

Para este método de caracterización de peligrosidad según la severidad no se tuvieron resultados de sub-tramos peligrosos, lo cual nos lleva a tener en cuenta que en los tramos de estudio, no se tienen tramos con resultados de severidad significativa a lo largo de los 5 del periodo de estudio.

#### 3.4.8 Resumen de resultados de la Identificación de TCA para los Tramos de Estudio.

Concluida la aplicación de los métodos señalados anteriormente, para la detección de tramos de concentración de accidentes en los tramos de estudio, tanto en el Acceso Norte, Tramo Central y el Acceso Sur, de la Ciudad de Tarija, logramos obtener los sub-tramos que son considerados como TCA mediante los distintos métodos realizados, lo cual se detalla en la Tabla N° 4.36 y 4.37

Tabla N° 4.37. Identificación de TCA bajo el criterio de la Media

TRAMOS CONSIDERADOS TCA CON EL CRITERIO DE LA MEDIA				
TRAMOS	SUB - TRAMOS	NUMERO	TASA	NUMERO / TASA
Acceso Norte	1	-	-	-
	2	-	-	-
	3	-	-	-
Zona Central	4	-	-	-
	5	-	-	-
	6	-	-	-
	7	-	-	-
Acceso Sur	8	TCA	TCA	TCA
	9	-	-	-
	10	-	-	-
	11	-	-	-

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 4.38. Identificación de TCA bajo el criterio del Nivel de Confianza

TRAMOS CONSIDERADOS TCA CON EL CRITERIO DEL NIVEL DE CONFIANZA					
TRAMOS	SUB - TRAMOS	NUMERO	TASA	NUMERO / TASA	CONTROL DE CALIDAD DE LA TASA
Acceso Norte	1	-	-	-	-
	2	-	-	-	-
	3	-	-	-	TCA
Zona Central	4	-	-	-	-
	5	-	-	-	-
	6	TCA	TCA	TCA	TCA
	7	-	-	-	-
Acceso Sur	8	TCA	TCA	TCA	TCA
	9	-	-	-	-
	10	-	-	-	-
	11	-	-	-	-

Fuente: Elaboración Propia

Obteniendo el resumen de los resultados de cada metodología y teniendo un enfoque y visión adecuada al momento de realizar las comparaciones de los métodos y el análisis de los resultados se identificaron como TCA aquellos tramos que cumplieron las condiciones exigidas por los métodos de “Control de Calidad de la Tasa de Accidentes debido a su exigencia y el método del “Número – Tasa” . Llegando a tener como TCA los siguientes tramos:

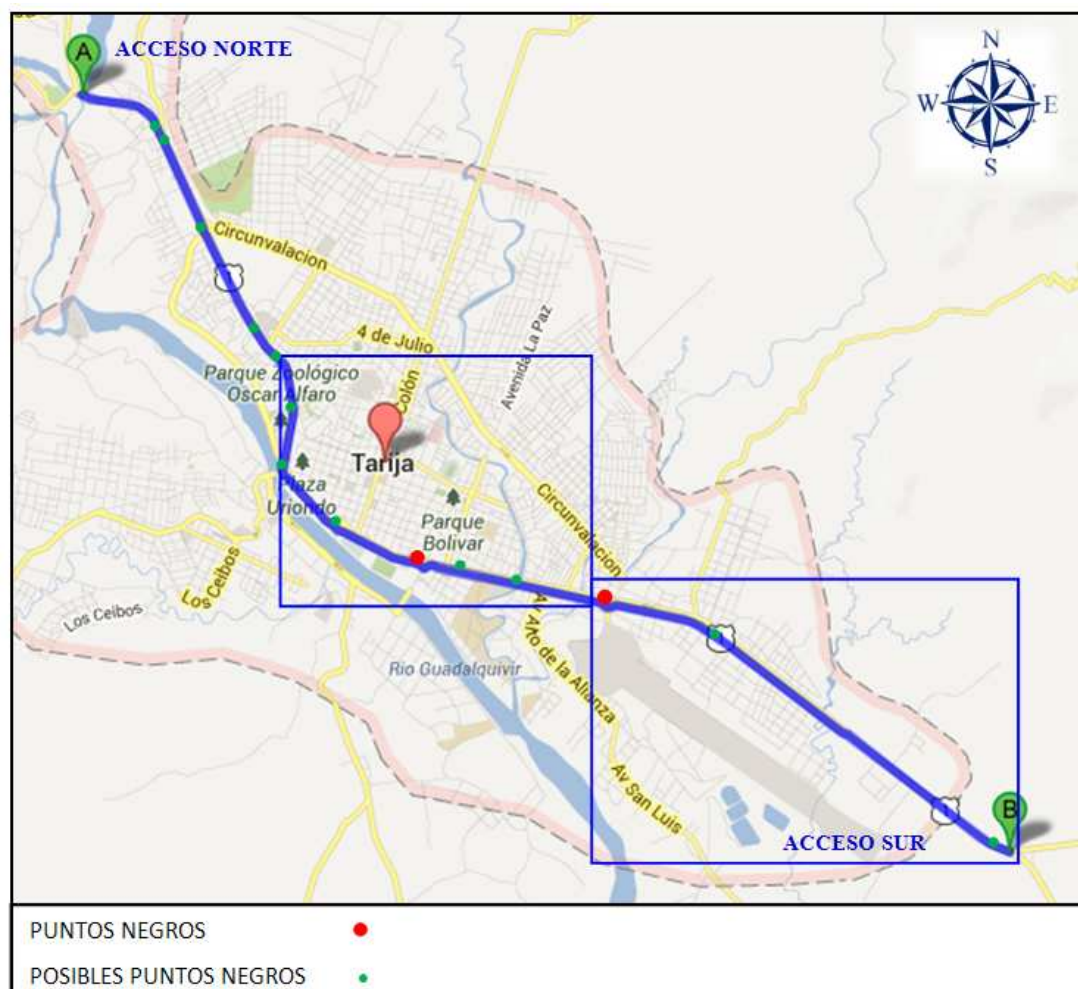
*Tabla N° 4.39. Identificación de TCA final.*

<b>Tramos</b>	<b>Sub Tramos</b>	<b>Detalle de Localización</b>	<b>Verificación TCA</b>
<b>Tramo Central (Tramo 2)</b>	6	Colegio Liceo Tarija - C/Daniel Sossa	<b>TCA</b>
<b>Acceso Sur (Tramo 3)</b>	8	Rotonda Tres Pasos Al Frente - Parada del Chaco	<b>TCA</b>

### 3.5 IDENTIFICACIÓN DE LOS PUNTOS NEGROS O PUNTOS DE PELIGROSIDAD EN LOS TRAMOS DE ESTUDIO.

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 y los posibles puntos negros en toda la ruta de estudio, tomando como puntos negros aquellos que tienen un mayor número de accidentes y se encuentran dentro de un TCA y siendo posibles puntos negros todos aquellos puntos con alto índice de accidentes que no se encuentran localizados dentro de un TCA. Esto se ilustra en la Figura N° 4.7 y se detalla en las Tablas 4.38 y 4.39

Figura N° 4.7 Localización de Puntos Negros en la Ruta de Estudio



Fuente: Elaboración Propia

*Tabla N° 4.40. Localización de Puntos Negros*

<b>Localizacion Puntos Negros</b>
Av. Victor Paz E. Rotonda Chorolque
Av. Panamericana, Rotonda Tres Pasos al Frente (Ingreso al Aeropuerto)

*Fuente: Elaboración Propia*

*Tabla N° 4.41. Localización de Posibles Puntos Negros*

<b>Localizacion de posibles Puntos Negros</b>
Carretera Panamericana, altura Rotonda San Mateo
Carretera Panamericana, Parada Norte
Carretera Panamericana, altura Ex parada Norte
Carretera Panamericana, Rotonda Circunvalacion
Av. Panamericana, altura Mercado Campesino
Av. Panamericana, Rotonda del Colegio Fe y Alegria
Av. Panamericana, Rotonda Europa
Av. Victor Paz E. Rotonda El Verano
Av. Victor Paz E. Rotonda Fuente de los Deseos
Av. Victor Paz E. altura Complejo Garcia Agreda
Av. Victor Paz E. altura Terminal de buses
Av. Jaime Paz Z. Rotonda Moto Mendez
Av. Jaime Paz Z. Rotonda San Geronimo
Carretera Panamericana, altura parada del Chaco
Carretera Panamericana, altura entrada a Coca Cola
Carretera Panamericana, Tranca Portillo

*Fuente: Elaboración Propia*

### 3.6 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.

#### 3.6.1 Análisis Comparativo y de Consistencia de los Resultados de los distintos métodos de identificación de TCA.

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

➤ El método del “Número”, la “Tasa” y el “Número – Tasa” bajo el criterio de la media determinaron un solo TCA (sub-tramo 8) Acceso Sur. El cual al cumplir las condiciones requeridas por los 3 métodos y si bien un cálculo a través del criterio de la media no está muy garantizado, al identificarse un tramo como TCA mediante los 3 métodos aproxima más a la realidad de encontrarnos realmente con un TCA, lo cual será comprobado con mayor confiabilidad realizando los métodos bajo el criterio del nivel de confianza.

TRAMOS CONSIDERADOS TCA CON EL CRITERIO DE LA MEDIA				
TRAMOS	SUB - TRAMOS	NUMERO	TASA	NUMERO / TASA
Acceso Norte	1	-	-	-
	2	-	-	-
	3	-	-	-
Zona Central	4	-	-	-
	5	-	-	-
	6	-	-	-
	7	-	-	-
Acceso Sur	8	TCA	TCA	TCA
	9	-	-	-
	10	-	-	-
	11	-	-	-

- Los métodos “Número”, “Tasa” y el “Número – Tasa” bajo el criterio del nivel de confianza arrojan resultados de mayor confiabilidad ya que este criterio determina el valor limite a partir del cual se considera un tramo como TCA, mediante un criterio estadístico el cual está en función no solo de la media de las muestras, la dispersión existente en ellas, sino también del coeficiente de mayoración que está en función de la probabilidad de ocurrencia. Lo cual propone resultados más consistentes que los obtenidos por el criterio de la media.
  
- Los métodos “Número”, “Tasa” y el “Número – Tasa” bajo el criterio del nivel de confianza identificaron los mismos TCA para los tres métodos, lo cual establece que estos resultados tienen mayor confiabilidad además de ser más consistentes debido a estar bajo las condiciones del nivel de confianza. Estos tres métodos bajo este criterio determinaron como TCA a los sub-tramos 6 y 8, correspondientes a al Tramo Central y Acceso Sur respectivamente.

TRAMOS CONSIDERADOS TCA CON EL CRITERIO DEL NIVEL DE CONFIANZA					
TRAMOS	SUB - TRAMOS	NUMERO	TASA	NUMERO / TASA	CONTROL DE CALIDAD DE LA TASA
Acceso Norte	1	-	-	-	-
	2	-	-	-	-
	3	-	-	-	TCA
Zona Central	4	-	-	-	-
	5	-	-	-	-
	6	TCA	TCA	TCA	TCA
	7	-	-	-	-
Acceso Sur	8	TCA	TCA	TCA	TCA
	9	-	-	-	-
	10	-	-	-	-
	11	-	-	-	-

- El método de Severidad de la Tasa de Accidentes, si bien no es un método para la detección de TCA sino más bien cuantificar un tramo por sus pérdidas materiales, este no determinó ningún tramo como TCA por pérdidas de gran magnitud.

- Los resultados de los métodos del Número, Tasa y Número-Tasa de accidentes se aproximan a los resultados del método de Control de Calidad de la Tasa cuando se aplica el criterio del nivel de confianza. Conclusión que lleva a tener una mayor objetividad al momento de la determinación de TCA y a la selección de los métodos más consistentes.
- Bajo el análisis planteado se determina que por tener resultados más consistentes y confiables tanto el método del “Numero – Tasa” cuando se aplica el criterio del nivel de confianza, como el de “Control de Calidad de la Tasa” se identifican bajo estos dos metodologías los “Tramos de Concentración de Accidentes” del estudio. Lo cual nos arroja los siguientes Resultados.

<b>Tramos</b>	<b>Sub Tramos</b>	<b>Detalle de Localización</b>	<b>Verificación TCA</b>
<b>Tramo Central (Tramo 2)</b>	6	Colegio Liceo Tarija – C/ Daniel Sossa	<b>TCA</b>
<b>Acceso Sur (Tramo 3)</b>	8	Rotonda Tres Pasos Al Frente – Parada del Chaco	<b>TCA</b>

- Habiendo encontrado los TCA en los sub-tramos determinados para adaptación de las metodologías analizadas determinamos que los TCA en los tramos de estudio son:

<b>Tramos</b>	<b>Detalle de Localización del Tramo</b>	<b>Verificación TCA</b>
<b>Tramo Central (Tramo 2)</b>	Rotonda Col. Fe y Alegría -Rotonda Tres Pasos al Frente (Aeropuerto)	<b>TCA</b>
<b>Acceso Sur (Tramo 3)</b>	Rotonda Tres Pasos Al Frente - Tranca el Portillo	<b>TCA</b>

➤ Determinando los TCA en toda la ruta de estudio se pudo identificar también los “Puntos Negros” o de peligrosidad los cuales tienen el mayor índice de accidentes en cada TCA y también los posibles puntos negros lo cuales tienen un mayor índice de accidentes con respecto a los demás, pero no se encuentran dentro de un TCA. Estos puntos no tienen consecuencias fatales pero si una mayor frecuencia accidentes con y sin víctimas.

### 3.6.2 Análisis Comparativo de las características de los datos generales de los accidentes de tránsito.

➤ Del análisis estadístico de todas las características de los datos de accidentes se puede verificar que el Acceso sur tiene el mayor porcentaje de accidentes fatales con respecto a los otros dos tramos.

Tramos	Accidentes fatales (%)	Accidentes no fatales (%)
Acceso Sur	3.54	96.46
Tramo Central	0.98	99.02
Acceso Norte	2.43	97.57

Estos resultados demuestran que además de ser este tramo identificado como TCA, este también conlleva la mayor cantidad de víctimas fatales lo cual ajusta con los resultados encontramos en la identificación de TCA.

El total de accidentes ocurridos en la ruta Panamericana el 1.82% fueron accidentes con consecuencias fatales, con un total de 32 accidentes teniendo un mayor detalle en la tabla N° 4.13.

➤ En la estadística de tipología de vehículos involucrados en los accidentes se demuestra que se tiene los mayores porcentajes de participación, al vehículo tipo: “Vagoneta / camioneta”, para los tres tramos:

Acceso Norte: 39.62% del total de vehículos en este tramo.

Tramo Central: 42% del total de vehículos en este tramo.

Tramo Central: 40.05% del total de vehículos en este tramo.

➤ En la estadística de tipología del accidente se demuestra que se tiene los mayores porcentajes de ocurrencia en los tres tramos al tipo de accidente: “colisión con otro vehículo”.

Acceso Norte: 61.73% del total de accidentes en este tramo.

Tramo Central: 71.64% del total de accidentes en este tramo.

Tramo Central: 56.13% del total de accidentes en este tramo.

➤ En la estadística de las causas primarias del accidente se demuestra que la “velocidad excesiva” tiene el mayor porcentaje como causa primaria en los tres tramos en estudio.

Acceso Norte: 46.63% del total de accidentes en este tramo.

Tramo Central: 53.97% del total de accidentes en este tramo.

Tramo Central: 55.59% del total de accidentes en este tramo.

➤ En la estadística de la edad del conductor responsable se le atribuye a los conductores de “30 a 49 años” el porcentaje mayor de participación en accidentes de tránsito en los Accesos a la ciudad, tanto norte como sur, no así en el tramo central ya que en este, el porcentaje de participación en accidentes se le atribuye a conductores de “16 a 29 años”.

Acceso Norte: 48.52% del total de conductores responsables del accidentes en este tramo son de “30 a 49 años”.

Tramo Central: 45.93% del total de conductores responsables del accidentes en este tramo son de “16 a 29 años”.

Acceso Sur: 47.41% del total de conductores responsables del accidentes en este tramo son de “30 a 49 años”.

- En la estadística del sexo del conductor responsable se concluye que en los tres tramos el porcentaje de mayor participación en accidentes es para conductores de sexo masculino.

Acceso Norte: 99.19% del total de conductores responsables del accidente

Tramo Central: 98.43% del total de conductores responsables del accidente

Acceso Sur: 99.73% del total de conductores responsables del accidente.

- En la estadística de locación del accidente se concluye que en el Acceso Norte y el Tramo Central la locación del accidente con mayor porcentaje es en intersecciones, no así en el Acceso Sur ya que en este se tiene un porcentaje mayor de los accidentes situados en “en rectas” (no intersecciones).

Acceso Norte: 52.56% de accidentes situados en intersecciones, del total de accidentes en este tramo.

Tramo Central: 69.68% de accidentes situados en intersecciones, del total de accidentes en este tramo.

Tramo Central: 58.58% de accidentes situados en rectas (no intersecciones) del total de accidentes en este tramo.

Lo cual demuestra que el Acceso Sur tiene mayor peligrosidad en dicho tramo en los trayectos rectos, a diferencia de los otros tramos en estudio, que puede ser influenciada por la velocidad excesiva de los conductores.

- En la estadística del “día de ocurrencia” de accidentes se concluye que en el Acceso Sur y el Tramo Central el día que tiene el mayor porcentaje de ocurrencia de accidentes es el día “Sábado”, a diferencia del Acceso Norte el cual tiene un porcentaje mayor de ocurrencia de accidentes en el día “Domingo”. Cabe destacar que estos dos días de ocurrencia corresponden a días de fin de semana.

Acceso Norte: 18.87% de accidentes ocurridos en el día domingo, del total de accidentes en este tramo.

Tramo Central: 19.63% de accidentes ocurridos en el día sábado, del total de accidentes en este tramo.

Tramo Central: 19.62% de accidentes ocurridos en el día sábado, del total de accidentes en este tramo.

- En la estadística del “horario de ocurrencia” de accidentes se concluye que en los tres tramos el mayor porcentaje de accidentes se llevan a cabo en el “día” horario que consideramos de 6am a 6pm.

Acceso Norte: 53.91% de accidentes ocurridos en el horario diurno, del total de accidentes en este tramo.

Tramo Central: 56.72% de accidentes ocurridos en el horario diurno, del total de accidentes en este tramo.

Tramo Central: 46.32% de accidentes ocurridos en el horario diurno, del total de accidentes en este tramo.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

- Mediante el conocimiento adquirido de los aspectos conceptuales y metodológicos de la accidentalidad se pudo obtener un enfoque y criterio adecuado para realizar de manera práctica una evaluación del riesgo de accidentes en el Acceso Norte y Sur de la Ciudad de Tarija y su recorrido por la Vía Panamericana, teniendo las disposiciones adecuadas en todo el procedimiento hasta obtener resultados confiables y adaptados a la realidad de nuestro medio.
- Se identificó el área de estudio seccionando en tres tramos la Vía Panamericana, Tramo uno; Puente Tomatitas – Rotonda Col. Fe y Alegría, Tramo 2; Rotonda Col. Fe y Alegría – Rotonda Tres Pasos al Frente (ingreso aeropuerto), Tramo 3; Rotonda Tres Pasos al Frente (ingreso aeropuerto) – Tranca el Portillo, determinando el TMDA para cada tramo.
- El procesamiento de datos de accidentes con registro de 5 años, fue realizando con planillas y tablas en Excel, donde se expusieron las principales características de los datos de accidentes determinadas por cantidad, por año, por tramos y resúmenes totales, lo cual facilitó su utilización a lo largo de todo el procedimiento y metodologías utilizadas.
- Tras hacer un análisis estadístico de los 5 años con los datos generales de los accidentes en cada tramo en estudio, se determinó que el Acceso Sur además de ser identificado como TCA, también tienen un mayor porcentaje de accidentes con consecuencias fatales con respecto a los otros tramos con un 3.54% de accidentes fatales del total de accidentes en este tramo, seguido por

el Acceso Norte con un 2.43% y finalmente el Tramo central con un 0.98% de accidentes fatales. Lo cual aumenta el grado de peligrosidad al Acceso Sur de la ciudad de Tarija incluso con respecto al tramo central que también es identificado como TCA.

- Luego de hacer un análisis comparativo a los métodos de identificación de TCA en la ruta en estudio, se determinó que el método del Índice de Peligrosidad y su nueva versión no son adaptables a nuestro medio, ya que nos arroja resultados que están fuera de la realidad y difieren mucho a los obtenidos por los otros métodos.
- Los métodos del “Número”, “Tasa” y “Número – Tasa” arrojan mejores resultados cuando son utilizados mediante el criterio del Nivel de Confianza y no así mediante el criterio de la “Media” además de obtener resultados aproximados a los del método del “Control de Calidad de la Tasa” éste último el más exigente, ya que es un método cuyas condiciones en su cálculo utilizan herramientas estadísticas de probabilidad.
- La priorización en la utilización de los métodos para la identificación de TCA se da a los métodos del Numero – Tasa y el Método del Control de Calidad de la Tasa, debido a que el método Numero – Tasa cumple con las exigencias de los dos métodos; “Número” y “Tasa”, y el cual es adaptable a nuestro medio de acuerdo con los datos requeridos en su utilización además de tomar mayor cantidad de parámetros en su cálculo, lo cual lo hace más confiable, éste también tiene similitud en sus resultados con el Método del Control de Calidad de la Tasa cuando se tiene un criterio estadístico, por lo cual estos dos métodos son los más adecuados al momento de determinar un TCA, ya que ambos utilizan parámetros disponibles o que se pueden determinar en nuestro medio, además de tener mayor consistencia en sus resultados, teniendo así estos dos métodos los más adecuados para su utilización en la determinación de TCA en rutas en nuestra ciudad y país.

- Los tramos identificados como TCA en el presente estudio fueron: el Acceso Sur a la ciudad y el Tramo Central en la ruta Panamericana, donde su mayor peligrosidad se encuentra en los sub- tramos 6 y 8 del estudio; Col. Liceo Tarija – C/ Daniel Sossa y Rotonda Tres Pasos al Frente (ingreso aeropuerto) – Parada del Chaco respectivamente.
- Encontrados los TCA en toda la ruta de estudio se estableció los puntos negros en cada tramo los cuales tienen una mayor concentración de accidentes con respecto a los demás puntos y se encuentran dentro de un TCA, también se determinaron los posibles puntos negros que si bien no están dentro de un TCA tienen una significativa frecuencia de accidentes. Estos puntos negros o de peligro en la ruta de estudio son los siguientes:
  - a) Rotonda Chorolque, ubicada en el Tramo Central de estudio.
  - b) Rotonda Aeropuerto, ubicada en el Acceso Sur de la Ciudad.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda tener una recopilación y un procesamiento de la base de datos adecuada, para la adaptación de estos datos a una aplicación satisfactoria al momento de realizar las metodologías descritas en este estudio.
- Se recomienda analizar de manera objetiva y con el conocimiento adecuado cada metodología nueva que se quiera adaptar a nuestro medio, para tener resultados favorables y confiables.
- El uso de las metodologías aquí planteadas pueden ser una guía para la evaluación del riesgo de accidentes a través de la identificación de TCA, lo cual puede ser recomendado a las organizaciones pertinentes encargadas de la regularización y seguridad vial en nuestro medio.