

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1.GENERALIDADES

La seguridad vial con que cuenta un camino es de gran importancia, ya que si está es inadecuada, puede conllevar a que se presente mayor índice de accidentes, heridos, muertos, etc. Sólo basta el mencionar que los accidentes carreteros son una de las tres principales causas de muerte de personas entre 5 a 44 años de edad; es por ello que es necesario tener un especial cuidado en el aspecto de seguridad vial de un camino, ya que éste es recorrido principalmente no sólo por los vehículos (motorizados o no motorizados) sino también por las personas que van en ellos, que deben sentir la seguridad al momento de circular por una carretera.

Al comienzo. El primer accidente vial de un vehículo automotor ocurrió en 1771, y el primer muerto en un accidente vial en 1899. La primera ley vial se promulgó en 1865; era británica, conocida como la Ley de Bandera Roja. Requería tres personas: una al volante, una para avivar el fuego de la máquina a vapor, y una para caminar unos metros adelante con una bandera roja, para advertir a los prójimos sobre la presencia del vehículo, que recorrían a 6 km/h en el campo, y 3 km/h en la ciudad. Hoy diríamos que fue la primera contramedida de SV, o de 'apaciguamiento del tránsito'. Desde entonces hasta ahora, se estima en más de 50 millones los muertos en accidentes viales anualmente.

Por falta de registro, procesamiento, análisis y evaluación de los accidentes viales, no se conocía cómo variaban en frecuencia y gravedad al variar la distancia visual, por caso. Tampoco fueron totalmente entendidos los aspectos de altura de ojo y objeto, adecuado tiempo de percepción-reacción y razonables distancias de frenado, los cuales hoy se consideran coeficientes de ajuste de modelos matemáticos obtenidos por regresión, para relacionar dos variables: la velocidad y la distancia de detención segura, ambas medidas rigurosamente en observaciones y experiencia de campo.

Con el presente trabajo se quiere relacionar la seguridad vial de los elementos visibles de una vía urbana, para la estimación de accidentes de tránsito mediante una calibración del módulo de accidentes, tomando en cuenta las ecuaciones en segmento entre intersecciones e intersecciones, que proporciona el manual (**HIGHWAY SAFETY**), para estimar el número de accidentes, los factores, causas que ocasionan, y así poder tomar decisiones de mejoramientos, mantenimientos y nuevas construcciones de vías urbanas en la ciudad de Tarija.

El aporte teórico de trabajo es de conocer las causas y efectos que ocasionan un accidente de tránsito, factores que pueden modificar un accidente, prevenir y reducir el número de accidentes en una vía con estos factores, y la calibración de los módulos de accidentes para el uso de la ecuación fundamental de estimación de accidentes del manual (HSM) y así tener una mejor seguridad vial en la ciudad de Tarija.

En la aplicación práctica se pretende demostrar cómo se realiza la calibración de los módulos de accidentes tanto en segmentos entre intersecciones e intersecciones mediante, modelos matemáticos y su análisis del mismo y la aplicación de la ecuación fundamental de estimación de accidentes del manual, tomando en cuenta un tramo para su aplicación, para determinar el número de accidentes.

La relevancia que éste puede causar es de mucha importancia ya que se pretende en este trabajo demostrar qué factores y causas que ocasionan un accidente de tránsito, la forma de prevenir, mediante la estimación de accidentes del mismo en las vías urbanas y que los conductores, y peatones se sientan protegidos con este tratamiento.

### **1.1.1. Fundamentación Teórica**

#### **1.1.1.1. Revisión Bibliográfica**

##### **Definiciones fundamentales (HSM)**

**Accidente.** Conjunto de sucesos (imprevistos) que resultan en lesiones o daños materiales debido a la colisión de al menos un vehículo motorizado, y que puede implicar colisión con otro vehículo motorizado, ciclista, peatón u objeto.

**Frecuencia de accidentes.** Número de accidentes que ocurren en un sitio particular, segmento de camino, o red vial durante un año.

**Estimación de accidentes.** Cualquier método utilizado para pronosticar o predecir la frecuencia de accidentes en:

- ❖ Camino existente, con condiciones invariables durante un período pasado o futuro;
- ❖ Camino existente con condiciones variables durante un período pasado o futuro;
- ❖ Camino nuevo con condiciones dadas, durante un periodo futuro.

**Método predictivo.** Metodología para estimar la “frecuencia media de accidentes esperados” de un lugar, camino o segmento de camino bajo un dado diseño geométrico y volúmenes de tránsito para un lapso específico.

**Frecuencia media de accidentes esperados.** Estimación de la frecuencia promedio de accidentes a largo plazo en un lugar, camino o red vial bajo un dado conjunto de características de diseño geométrico y volúmenes de tránsito durante un tiempo en años.

- ❖ Como los accidentes son sucesos aleatorios, al azar e imprevisibles, las frecuencias de accidentes observados en un lugar determinado fluctúan naturalmente a lo largo del tiempo; la frecuencia observada durante un corto lapso no es un indicador fiable de la frecuencia media de accidentes que se espera durante un largo lapso.

- ❖ Si se pudieran controlar todas las condiciones (por ejemplo, volumen fijo de tránsito, diseño geométrico inalterable, etc.) la frecuencia media de accidentes de largo plazo podría medirse. Sin embargo, debido a que rara vez es posible lograr estas condiciones constantes, la verdadera frecuencia media de accidentes de largo plazo es desconocida y debe estimarse.

**Lesión.** Daño físico a una persona.

**Gravedad de accidente.** Lesión más grave causada por un accidente.

**Niveles de gravedad de accidentes.** Según la escala KABCO utilizada por el HSM.

- ❖ K - Lesiones mortales: lesión que ocasiona la muerte.
- ❖ A - Lesión incapacitante: cualquier lesión, que no sea una lesión mortal, que le impida a la persona lesionada caminar, conducir, o continuar las actividades que era capaz de realizar antes del daño.
- ❖ B – Lesiones no incapacitantes evidentes: una lesión que no sea una lesión mortal o una lesión incapacitante; sí evidente para los observadores presentes en el lugar del accidente donde se produjo la lesión.
- ❖ C - Lesiones posibles: cualquier lesión informada que no sea mortal, incapacitante o no incapacitante evidente, e incluya reclamo de lesiones no evidentes.
- ❖ D-Sin Lesiones Personales: sólo Daños a la Propiedad (DOP).

**Evaluación de accidentes.** Determinación de la efectividad de un tratamiento particular o un programa de tratamiento después de su aplicación. Se basa en comparar los resultados obtenidos con los esperados.

**Efectividad.** Cambio en la frecuencia media o gravedad de accidentes esperados de un lugar o proyecto.

**Seguridad vial.** Energía en equilibrio, como efecto final del equilibrio de la posición y el movimiento de los cuerpos en el sistema vial, considerando a los cuerpos como energía, la que ostentan. Resultado de llevar a la práctica el principio esencial de la seguridad en general, como es eliminar o disminuir en lo posible las causas y efectos del riesgo.

**Inseguridad vial.** Riesgo vial mecánico. Inestabilidad del equilibrio de la posición y el movimiento de los cuerpos en el sistema vial, y consecuentemente, inestabilidad del equilibrio energético que produce los fenómenos violentos. Estado mecánico y funcional del sistema que constituye el origen final de los accidentes de tránsito y sus consecuencias dañinas.

**Seguridad nominal y seguridad sustantiva.** En relación con el riesgo, una mayor seguridad podría clasificarse según los conceptos de nominal o sustantiva.

**La seguridad nominal.** Conceptualmente, determinar los niveles de seguridad nominal de un camino existente o proyecto vial es tarea sencilla; basta revisar si las características y elementos geométricos existentes o proyectados cumplen los valores indicados en las normas.

**La seguridad sustantiva** es independiente del observador y determina los niveles de seguridad real o prevista a largo plazo de un camino con específicas condiciones de emplazamiento, geométricas y operacionales, según lo mide la frecuencia anual de accidentes por km, y las consecuencias de los accidentes según cual fuere el número de muertos, el número y gravedad de los heridos, y el valor de los daños materiales.

Al diseñar o revisar la seguridad vial, el respeto de un conjunto de normas es obligatorio y conveniente, pero insuficiente para garantizar un mayor nivel de seguridad, sólo el punto de partida. Si la norma tiene más de cuarenta años, más que exceptuarla sistemáticamente, corresponde actualizarla.

Al determinar los factores causales asociados con un accidente específico, el diseño del camino podría sustentarse en criterios diferentes (por definición: excepciones de diseño) de las establecidas en las normas.

- ❖ **Capacidad de elusión del peligro.** Situaciones en las que un usuario prudente tenga distancia visual y tiempo para advertir el conflicto adelante y eludir la colisión, a pesar de las deficiencias asociadas con el diseño del lugar.
- ❖ **Conocimiento de las autoridades viales,** y respuesta planificada o concreta a un riesgo o deficiencia específica.
- ❖ **Eventual demanda** por aplicar incorrectamente una norma, o sin una consideración explícita de sus implicaciones para la seguridad.

De contar con registros de accidentes confiables, lo mejor para revisar la seguridad sustantiva de los caminos existentes es comparar el comportamiento real a la seguridad de un camino, con el comportamiento esperado para ese tipo de establecimiento, concepto en el que se basan los Factores de Modificación de Accidentes (AMF) y sus aplicaciones en el recién publicado Manual de Seguridad Vial (HSM) de AASHTO. Se deben considerar la frecuencia y tipos de accidentes ocurridos en un lugar específico, y por qué algunos tipos están sobre-representados. Con más y nuevos avances en las investigaciones y herramientas disponibles, será cada vez más difícil para los ingenieros viales alegar ignorancia de la Seguridad Vial Sustantiva al diseñar sus caminos.

**El módulo Predicción de Accidentes** predice la frecuencia y gravedad de los accidentes viales, sobre la base del diseño geométrico y características del tránsito. Puede identificar posibles proyectos de mejoramiento de los caminos existentes, comparar el rendimiento de la seguridad relativa de opciones de diseño y evaluar la efectividad de costo de las decisiones de diseño relacionadas con la seguridad.

**El módulo Revisión de Intersección** evalúa la geometría de una intersección existente o diseño propuesto para identificar posibles problemas de seguridad y sugerir posibles tratamientos de mitigación.

**Factores de Modificación de Accidentes, AMF.** Representan el cambio relativo en la frecuencia de accidentes debido al cambio en una condición específica, cuando todas las otras condiciones y características del lugar permanecen constantes. Es la relación de la frecuencia de accidentes en un mismo lugar, bajo dos condiciones:

**AMF = Frecuencia de Accidentes Condición b / Frecuencia de Accidentes Condición a**

Un Factor de Modificación de Accidentes CMF sirve como estimador del efecto de una característica de diseño geométrico particular o de control de tránsito o de la efectividad de un tratamiento o condición particular.

El Highway Safety Manual se estructura en cuatro partes, A, B, C, y D, publicadas en tres tomos:

❖ **Parte A:** Introducción, Factores Humanos, y Fundamentos.

Describe el propósito y alcance del HSM; explica la relación del HSM en el proceso de desarrollo del proyecto: planificación, diseño, operaciones y actividades de mantenimiento. Presenta un panorama de los principios de factores humanos para la seguridad vial, y los fundamentos de los procesos y herramientas descritas en el HSM. Proporciona la información de referencia necesaria antes de aplicar métodos predictivos, factores de modificación de accidentes, o los métodos de evaluación previstos en el HSM. Es la base para el material de B, C y D.

❖ **Parte B:** Proceso de Administración de la Seguridad Vial.

Pasos para controlar y reducir la frecuencia y gravedad de los accidentes en redes viales existentes. Incluye métodos útiles para identificar los sitios para mejoramiento, diagnóstico, selección de contramedidas, evaluación económica, priorización de proyectos y evaluación de la efectividad.

❖ **Parte C:** Métodos Predictivos.

Se proporciona un método predictivo para estimar la frecuencia media de accidentes esperada de una red, instalación, o sitio individual. La estimación se puede hacer para las

condiciones existentes, condiciones alternativas, o nuevas propuestas de caminos. El método predictivo se aplica para un determinado lapso, volumen de tránsito, y características de diseño geométrico constantes del camino. Se aplica en el desarrollo y la evaluación de múltiples soluciones para un lugar específico; por ejemplo, un proyecto de camino que considera varias opciones de sección transversal podría utilizar la Parte C, para evaluar la frecuencia media de accidentes esperada de cada opción. Para las funciones de rendimiento de seguridad, SPF, pueden utilizarse modelos estadísticos para estimar la frecuencia media de accidentes esperados en caminos de cierto tipo.

❖ **Parte D:** Factores de Modificación de Accidentes.

Resume los efectos de los diversos tratamientos y las modificaciones geométricas y operativas en un sitio. Contiene todos los AMF para el HSM.

Cada parte de la HSM proporciona herramientas para analizar la seguridad, que se pueden utilizar solas o en combinación, AMF en el HSM.

En el Manual de Seguridad Vial, HSM, los valores de AMF se determinan para un conjunto de condiciones básicas, que cumplen la función de condición 'a' en la ecuación (1). Ésto permite comparar opciones de tratamiento respecto de una condición de referencia. Bajo las condiciones básicas el valor de:

AMF = 1.0: Tiene las mismas condiciones base o el tratamiento no tiene ningún efecto en la frecuencia esperada de choques

AMF < 1.0: El tratamiento reduce la frecuencia esperada de los choques

AMF > 1.0: El tratamiento aumenta la frecuencia esperada de los choques

La relación entre un AMF y el cambio en el porcentaje de la frecuencia de accidentes es:

**Porcentaje en la Reducción de Accidentes =  $100 \times (1 - CMF) = 100 \times CRF$  (2)**



ARF = 1 - AMF es el Factor de Reducción de Accidentes. A modo de ejemplo, un AMF de 0.7 corresponde a una reducción del 30% en los accidentes. Un CMF de 1.2 corresponde a un aumento del 20% en los accidentes. Según el nivel de investigación realizada, la frecuencia de accidentes puede cuantificarse mediante un AMF, o describirse por las tendencias, (por ejemplo, parece causar una disminución en los accidentes totales). La investigación que desarrolló el HSM estableció un proceso de selección y convocó a una serie de paneles de expertos para determinar cuáles AMF se consideraban suficientemente confiables como para incluirlos en el HSM.

En la Parte D del HSM se informa cuáles pasaron el examen de detección y si fueron satisfactorios para el panel de expertos.

En la actualidad en la ciudad de Tarija no se cuenta con un manual de accidentes de tránsito que permita analizar y tomar decisiones en obras viales tanto en nuevos diseños, construcciones, mantenimientos y mejoramientos en vías urbanas, por lo tanto este manual **HIGHWAY SAFETY** es un buen estudio realizado ya que permite no sólo estimar accidentes de tránsito también cómo prevenirlos y dar un tratamiento a estas vías, y no sólo eso también muestra la división del manual en cuatro.

**Parte A** muestra su propósito, alcance del manual y factores humanos que ocasionan un accidente, la **parte B** muestra la parte administrativa de la seguridad vial, evaluaciones económicas, y la priorización de proyectos, la **parte C** muestra el uso, aplicación del método estimativo para accidentes de tránsito tomando en cuenta las funciones del rendimiento de seguridad vial (**SPF**), en segmentos e intersecciones, y también el factor geográfico se zona (**C**), y la última **parte D** en esta última trata de los factores que modifican accidentes de tránsito (**AMF**) de acuerdo a las características geométricas, y operativas de la zona en estudio.

## **1.2. DISEÑO TEÓRICO**

### **1.2.1 Planteamiento del Problema**

#### **1.2.1.1. Situación Problemática**

Desde la invención de los motorizados en el mundo sólo basta el mencionar que los accidentes de tránsito son una de las tres principales causas de muerte de personas. Por lo tanto, el principal problema es de no contar con una ecuación general para estimar accidentes de tránsito en las vías urbanas, y qué factores son los que intervienen para la obtención de la fórmula general de accidentes de tránsito.

Esta problemática parte de la falta de conciencia por parte de las instituciones que realizan los trabajos de construcción, mantenimiento, y mejoramientos de vías urbanas, para la reducción de accidentes de tránsito y dar un mejor confort a los conductores de vehículos y por supuesto a los peatones.

Las instituciones prestadoras de servicio de caminos, empresas constructoras, consultoras no tienen conocimiento del manual de accidentes de (HIGHWAY SAFETY) ya que es un manual nuevo para el medio, y no se tiene mucho conocimiento de la fórmula general para las estimaciones de accidentes de una vía urbana y su aplicación del mismo.

No tener conocimiento de qué factores son los causantes de accidentes de tránsito, los que pueden generar un accidentes por ejemplo geometría, características de una vía urbana, y señalizaciones, pueden reducir, o aumentar los accidentes de tránsito, por no saber tomar decisiones en la etapa de construcción, ampliaciones, y mejoramientos de la vía urbana.

#### **1.2.1.2. Problema**

¿Es posible establecer estimaciones de accidentes de tránsito del manual (**HIGHWAY SAFETY**), para calibrar los módulos de accidentes para su aplicación en vías urbanas de la ciudad de Tarija.?

## **1.2.2. Objetivos**

### **1.2.2.1. Objetivo General**

Aplicar la ecuación del manual (**HIGHWAY SAFETY**), para establecer estimaciones de accidentes, considerando la medición de parámetros de tráfico y características geométricas del tramo, con el fin de establecer valores que permitan una calibración de los módulos de accidentes, aplicando en los tramos de estudio en las vías urbanas de la ciudad de Tarija.

### **1.2.2.2. Objetivos Específicos**

- ❖ Traducción del manual HIGHWAY SAFETY de la parte principal del manual sobre el método estimativo.
- ❖ Determinar los factores, causas, y efectos que ocasionan accidentes de tránsito.
- ❖ Establecer los parámetros de tráfico y características geométricas del tramo.
- ❖ Aplicar la ecuación general de estimación de accidentes del manual (**HIGHWAY SAFETY**).
- ❖ Realizar la aplicación del estudio en una muestra de las vías urbanas de Tarija.
- ❖ Establecer conclusiones y recomendaciones del estudio realizado.

### **1.2.3. Hipótesis**

Aplicando la calibración del módulo de accidentes y la fórmula general de estimación de accidentes (**HIGHWAY SAFETY**) de los tramos en estudio, se podría estimar los futuros accidentes de dichos tramos, tomando en cuenta las variables independientes para la estimación de accidentes, y de otros de la misma característica o de futuras construcciones de vías urbanas en la ciudad de Tarija.

#### 1.2.4. Variables

##### Variable dependiente

- ❖ Número de accidente estimado (**N estimado**)

##### Variables independientes

- ❖ Factores de condiciones geográficas de la zona (**C**)
- ❖ Factores de que modifican accidentes (**AMF**)
- ❖ Factor de performance de seguridad a condiciones base (**Nspf**)

Estos valores se obtienen con datos medidos de parámetros y características geométricas de la zona de estudio.

#### 1.3. ALCANCE

El presente trabajo en estudio tiene en su alcance principal el desarrollo de lo necesario dentro del marco teórico, aplicación práctica y elementos concluyentes del mismo en una secuencia lógica y metodológica que facilita la comprensión de cada uno que comprende la calibración del módulo de accidentes, y su aplicación del Manual de Accidentes de **HIGHWAY SAFETY** para nuestro medio en función a los módulos de accidentes que permitirán la calibración de la ecuación general del mismo, mediante fundamentación teórica de lo referente a accidentes de tránsito, manual **HIGHWAY SAFETY** a lo referente a los módulos de accidentes y factores que lo ocasionan, metodologías de cómo se calibran los módulos, además se realizará una recolección de datos sobre los accidentes en la zona de estudio del ORGANISMO OPERATIVO DE TRÁNSITO, geometría de la vía urbana del lugar de estudio, tipos de vehículos que lo transitan. Y su aplicación de la ecuación general de este manual ya calibrado para nuestro medio, y se concluirá con la conclusiones y observaciones recomendaciones del presente trabajo a posteriores estudios.

Inicialmente en el **Capítulo I** contiene una breve introducción de generalidades sobre “**LA CALIBRACIÓN DEL MÓDULO DE ACCIDENTES DE HIGHWAY SAFETY**”, se definen con precisión problemática sobre la que se basa el presente trabajo, un marco teórico, justificación, objetivos donde se planteará las posibles soluciones sobre su aplicación.

Posteriormente en el **Capítulo II** se mencionará todo referente a los accidentes de tránsito, es importante que en nuestro marco teórico se enmarque todo lo relacionado con los accidentes de tránsito, sus aspectos más generales, de manera que sustenten el trabajo a desarrollar, sobre todo en lo que se refiere a los tipos de accidentes, factores que lo ocasionan, y cómo prevenir los accidentes de tráfico.

En el **Capítulo III** está la traducción del manual **HIGHWAY SAFETY**, el desarrollo de todo en lo referente de la calibración del módulo de accidente desde la fórmula general, características de los factores locales geográficos de la zona que implican la calibración de los módulos de accidentes, la metodología a realizarse para este estudio, también su aplicación del manual en diferentes vías.

En el **Capítulo IV** es lo referente de todo el marco teórico, y el desarrollo de la calibración de los módulos de accidentes, y la aplicación de la fórmula general que tiene de base este trabajo de investigación, y aplicando todas las conceptualizaciones necesarias.

Realizando la aplicación del estudio a nuestro medio, partiendo de la ubicación del área de estudio, características del área de estudio, que contemplan la funcionalidad de la carretera, tipos de vehículos que transitan por la zona, análisis estadístico sobre los reportes de tránsito, su geometría de la carretera, señalizaciones, etc. y metodología a aplicar del método predicción, también se realizará una comparación del trabajo realizado con los datos oficiales de accidentes de la zona, y su aplicación de este estudio que consiste en mejorar los diseños, seguridad vial contra accidentes.

Finalmente en el **Capítulo V** se contemplará a manera concluyente del presente trabajo se establecerán en función a los resultados obtenidos fundamentalmente en la aplicación práctica las conclusiones y recomendaciones referentes al tema.

#### **1.4. DISEÑO METODOLÓGICO**

### 1.4.1. Unidad

La unidad de estudio es el comportamiento y estimación de accidentes del manual highway safety aplicado a nuestro medio, en zonas urbanas.

### 1.4.2. Población

La población para nuestro estudio será los tramos siguientes:

TRAMO	LUGAR DEL TRAMO DE ESTUDIO	LONG. (millas)
A-B	Rotonda San Mateo a Rotonda Europa (Zoológico)	1,9
C-D	Rotonda Verano (Puente San Martin) a Rotonda Tres pasos al Frente(Aeropuerto)	2,26
D-E	Rotonda Tres pasos al Frente(Aeropuerto) a Puente el Portillo (San Jorge II Surtidor)	1,65
G-F	Calle Avaroa esq. Calle O`Connor a Av. Calle Avaroa esq. Calle Campero	0,56
G-H	Calle O`Connor. Esq. Calle Bolívar a Calle O`Connor. esq. Calle Avaroa	0,33
H-I	Calle Bolívar. Esq. Calle O`Connor a Calle Bolívar. esq. Calle Ramón Rojas	0,76

### 1.4.3. Muestra

Para la obtención de la muestra solo se tomó esta ecuación para estimar accidentes sólo para vehículos, ya que en nuestros datos no se cuenta con datos de accidentes de motocicletas y de peatones.

$$N_{\text{estimativo rs}} = (N_{\text{spf}} \times (\text{AMF}_{1x} \times \text{AMF}_{2x} \times \dots \times \text{AMF}_{yx})) \times C_x$$

**Donde:**

**N estimativo** = Predijo frecuencia de emergencia común para un año específico para x de tipo del sitio.

**N spf x** = Función de seguridad de performance determinada pues las condiciones base del SPF desarrollado para sitio x.

**AMF x** = Factor que modifican accidente específico para SPF para x de tipo del sitio

**Cx** = Calibración a ajustarse a SPF para condiciones locales para x de tipo del sitio.

Para la obtención de **N spf** se deberá realizar una calibración de los coeficientes de la regresión (**a**, **b**, y **c**) de la curva tomando en cuenta tanto para segmento entre intersecciones e intersecciones, considerando el número de accidentes en los tramos de estudio, tráfico promedio diario y longitud del tramo

Para segmento entre intersecciones

$$N_{spf s} = \exp^{(a+b \times \ln(AADT)+LN(L))}$$

Para intersecciones

$$N_{spf int} = \exp^{(a+b \times \ln(AADT_{maj})+c \times \ln(AADT_{min}))}$$

En la obtención de **AMF** son fórmulas ya estandarizadas según segmentos entre intersecciones e intersecciones que dependerá de características geométricas y parámetros de elementos visibles en la vía como ser señalizaciones semaforización objetos fijos iluminaciones etc.

Para los factores de geográficas locales **C** dependerá de SPF calibrado y de AMF según sea en segmento entre intersecciones e intersecciones, y teniendo la división entre los valores observados con los valores estimado con el SPF y AMF se conoce con experimental de accidentes.

$$C_x = \frac{N_{observado}}{N_{experimental}}$$

Una vez obtenido todos estos valores de **Nspf**, **AMF**, y **Cx** no es nada más que la multiplicación de todo esto tanto para segmento entre intersecciones e intersecciones y luego

es sumar la estimación tanto en segmento e intersecciones para obtener el total de accidentes del tramo.

$$N_{total} = N_{rs} + N_{int}$$

#### 1.4.4. Método

En cuanto al método a aplicarse, en la práctica tendremos los siguientes:

- ❖ Obtener información de los accidentes de tráfico de la zona de estudio para tener una mayor información de las zonas de mayor accidente.
- ❖ Ubicación del área de estudio mediante la identificación de los puntos rojos de accidentes donde se tiene la mayor cantidad de accidentes de tránsito vehicular, donde se realizará una inspección visual de todos los parámetros de la zona de estudio.
- ❖ Una vez que se ha realizado toda la inspección visual de la zona, se procederá a medir la geometría, factores que componen la vía urbana en la zona de estudio, anotando en planillas los datos obtenidos.
- ❖ Una vez obtenida toda la información necesaria para la realización de la calibración del módulo de accidentes y la obtención de la ecuación general del manual mediante trabajo de gabinete.
- ❖ Se determinará la eficiencia de los resultados mediante la aplicación de la fórmula general calibrada, y sus procedimientos del uso del manual y comparado con los datos de accidentes del Organismo Operativo de Tránsito.
- ❖ Por ultimo las conclusiones y recomendaciones, serán elaboradas en base a todo el trabajo que se haya realizado en el área de estudio y en el gabinete, resaltando los



aspectos más importantes que se hayan presentado durante el proceso así como también los problemas.

#### 1.4.5. Análisis Estadístico

Para el procedimiento de un análisis estadístico y su interpretación de la calibración de los módulos de accidente obtenidas en nuestro trabajo mediante los siguientes:

- ❖ Utilizando el método de mínimo cuadrados para la obtención de los coeficientes de regresión (**a**, **b**, y **c**) de la curva a calibrar del módulo de accidentes (Nspf), tanto para segmentos entre intersecciones e intersecciones, tomando en cuenta el flujo vehicular de un sentido y dos sentido, mediante los siguientes datos en las ordenadas (x) el tráfico promedio diario, en las ordenadas (y) frecuencia de accidentes según los datos observados por el (OOT)

$$S = \sum_{i=1}^n ei^2$$

Donde:

S= desviación estándar

ei = error estimado de la calibración con los observado

- ❖ Mediante la desviación estándar se va a ajustar esta calibración de los módulos de accidentes y viendo su correlación de datos que se tiene en la curva ajustada de la calibración mediante el porcentaje de dependencia que tiene los valores de X, Y.
- ❖ Una vez obtenida la calibración mediante la curva ajustada y con los datos observados del (OOT), y de la correlación obtenida de la curva, se procederá a la realización del análisis estadístico de porqué de estos valores, resultados.

- ❖ Mediante la obtención de la curva calibrada del factor de performance de seguridad  $N_{spf}$  se deberá proceder a su utilización para encontrar los valores de  $(C)$  que es el factor de condiciones geográficas de la zona tomando en cuenta los factores que modifican accidentes (**AMF**) de los tramos en estudio, teniendo en cuenta el  $(C_r)$  en segmento entre intersecciones y en las intersecciones  $(C_i)$ , también teniendo en cuenta su flujo.
  
- ❖ Luego con la ecuación general se podrá estimar en número de accidentes de un tramo.

## CAPÍTULO II

### ACCIDENTES DE TRÁNSITO

#### 2.1. INTRODUCCIÓN

Genéricamente se considera un accidente como un suceso eventual que altera el orden regular de las cosas. En términos de Derecho se consideran accidentes aquellos acontecimientos fortuitos que ocasionan daños. Desde otra perspectiva más cercana a la salud pública, la OMS define de forma genérica el accidente como una transferencia anormal no controlada de energía que tiene como consecuencia la ocurrencia de lesiones o muertes.

Frente a tales concepciones, los especialistas en este fenómeno descubrieron ya hace mucho tiempo que los accidentes no son en absoluto acontecimientos fortuitos, inevitables, impredecibles y dependientes de la suerte, sino que por el contrario en la inmensa mayoría de los casos siguen parámetros característicos de distribución; es decir, el accidente globalmente es siempre una consecuencia de algún fallo evitable y hasta cierto punto predecible del sistema (Montoro y Toledo, 1997)

En este contexto, Checa y Ceamanos (1997) en su ‘Diccionario de Términos de Tráfico, Circulación y Seguridad Vial definen el accidente de circulación como “el resultado de una conjunción o concurrencia desfavorable de múltiples factores (la vía y su entorno, vehículo, conductor y usuarios, condiciones meteorológicas o ambientales) en un momento y lugar determinados.

Para ser considerado como tal, debe reunir las siguientes condiciones:

- ❖ Que se produzca o tenga lugar en vía y terrenos aptos para la circulación, tanto urbanos como interurbanos y, en los que sin tener tal aptitud, sean de uso común, y en los privados que sean utilizados por una colectividad indeterminada de usuarios.
  
- ❖ Que, al menos, esté implicado un vehículo en movimiento.

- ❖ Que, como consecuencia del cual, una o varias personas resulten muertas o heridas (o se produzcan daños materiales).

El Informe Mundial sobre Prevención de Traumatismos en Accidentes de Tránsito publicado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Banco Mundial en 2004 define el accidente de tránsito como un suceso o serie de sucesos que cabe someter a un análisis racional y a la aplicación de medidas correctivas, con el objetivo de romper con la creencia generalizada de que son inevitables e impredecibles, es decir, sucesos imposibles de controlar.

Un **accidente de tránsito** o **accidente vial** o **accidente automovilístico** o **sinistro de tránsito** es el perjuicio ocasionado a una persona o bien material, en un determinado trayecto de movilización o transporte, debido (mayoritaria o generalmente) a la acción riesgosa, negligente o irresponsable de un conductor, de un pasajero o de un peatón, pero en muchas ocasiones también a fallos mecánicos repentinos, errores de transporte de carga, a condiciones ambientales desfavorables y a cruce de animales durante el tráfico o incluso a deficiencias en la estructura de tránsito (errores de señaléticas y de ingeniería de caminos y carreteras).

Cuando hablamos de accidentes de tránsito, debemos definir algunos términos:

- ❖ **Atropello:** Acción en que un vehículo embiste y derriba o empuja violentamente a uno o más peatones para pasar.
- ❖ **Colisión:** Encuentro violento entre dos o más vehículos en movimiento.
- ❖ **Choque:** Encuentro violento de un vehículo en movimiento contra un objeto en reposo.
- ❖ **Volcamiento:** Acción mediante la cual un vehículo se tuerce hacia un lado y cae.
- ❖ **Lesiones Graves:** Fractura sufrida por la víctima involucrada en el accidente de tránsito.
- ❖ **Lesiones Menos Graves:** Cortaduras menores sufridas por la víctima.
- ❖ **Daños:** Deterioro del vehículo involucrado en un accidente.

## 2.2.FASES DE UN ACCIDENTE

El accidente, a pesar de su brevedad, es un proceso dinámico, que se desarrolla en el espacio y en el tiempo en base a puntos o zonas y momentos donde los hechos se producen. La unión entre un momento y un punto adquiere el nombre de posición e implica una fase del accidente.

Es muy importante conocer su evolución, incluyendo las áreas, puntos y posiciones, ya que permite investigar sobre los conocimientos de los implicados, experiencia, pericia y reflejos, su estado psíquico y físico, presencia de distracciones, sueño, cansancio, alcohol, medicamentos, enfermedad, así como el estado de la dirección y frenado del vehículo etc.

De acuerdo con la clasificación tradicional de la evolución del accidente, que es la más aceptada por los investigadores, es posible distinguir tres áreas:

- ❖ **Área de Percepción:** Comprende el espacio entre el punto de percepción posible y el punto de conflicto.
- ❖ **Área de maniobra:** Comprende el espacio entre el punto de decisión y el punto de conflicto.
- ❖ **El Área de conflicto:** Comprende el espacio entre el punto clave y la posición final.

El desarrollo del accidente se produce dentro del área de percepción y comprende tres fases:

### 2.2.1. Fase de Percepción

La fase de percepción se compone de dos posiciones o puntos:

- ❖ **Posición de percepción real (PPR):** Es el punto en que el conductor percibe realmente y por primera vez que el peligro puede desembocar en un accidente. Siempre es posterior o coincide con el punto de percepción posible. Es subjetivo, varía en cada persona y puede estar influido por la experiencia, reflejos, conocimientos, distracción... Podría no existir o estar tan cerca del punto de conflicto que no se distinga de él.

- ❖ El Punto de percepción posible (PPP): Es el punto en que un conductor “sin características especiales” debería percibir que el peligro implica un riesgo de accidente. Es un punto objetivo, puede comprobarse sobre el terreno y se produce en el mismo momento que el PPR o antes. Sirve de base para valorar la conducta del conductor.

La fase de percepción abarca desde que el conductor o peatón se da cuenta del peligro hasta que pone en marcha mecanismos con el fin de evitarlo o minimizarlo, momento en que comienza la segunda fase. Este período de tiempo se denomina tiempo de reacción.

El tiempo de reacción está compuesto por tres momentos: en **primer lugar** la percepción de estímulos externos peligrosos, en **segundo lugar** la intelección, momento en que el cerebro es consciente del peligro a partir de la información proporcionada por los sentidos y pone en marcha las estrategias para evitarlo, y en **tercer lugar**, la volición o actuación, cuando el implicado toma la decisión de actuar. Para una persona en condiciones normales este tiempo oscila entre 0,75 y 1 segundo y varía en función de distintos factores como la edad y el estado físico o psíquico, velocidad, aceleración, tipo de estímulo (auditivo o visual). La distancia que recorre se le denomina distancia de reacción.

La distancia existente entre el punto de percepción real, posible y la fase de decisión permite investigar psicósomáticamente al conductor, sobre todo sus conocimientos, experiencia y reflejos. Una distancia grande permite inferir reacciones tardías, lentas o poco diligentes debido a demoras en la toma de decisiones o ejecución.

La distancia entre el PPP y el Punto de Conflicto permite identificar casos de negligencia o descuido por parte del implicado.

### 2.2.2. Fase de Decisión

Es aquella en la que el conductor o peatón reaccionan ante la circunstancia anormal. Es decir, inicia la ejecución de la maniobra de evasión que va a desarrollar, para evitar que se produzca el accidente.

Las maniobras de evasión se clasifican en:

- ❖ Simples pasivas (tocar el claxon, hacer destellos de luces).
- ❖ Simples activas (disminuir la velocidad, detener el vehículo, aumentar la velocidad, girar, dar marcha atrás)
- ❖ Complejas (son combinaciones de las anteriores). Las realizan los conductores con mayor experiencia, más reflejos y menor edad.

Son favorables cuando consiguen un accidente menor. Son erróneas cuando intentando evadir el suceso inevitable ocasionando otro mayor.

Podrían no existir por la rapidez de los acontecimientos o si el conductor no ha tenido oportunidad de decidir la acción a adoptar.

Una vez lograda la percepción real, la fase de decisión está delimitada por el punto de decisión (PD) y el punto clave (PCL).

- ❖ El punto de decisión (PD) es el momento en que el implicado inicia la realización de la maniobra evasiva.
- ❖ El punto clave (PCL) es el momento en que el accidente ya no es evitable.

El análisis de esta fase permite investigar la pericia, conocimientos sobre acciones evasivas, el estado del vehículo o condiciones ambientales.

Entre la PCL y el PC el accidente es inevitable, y sólo se puede llevar a cabo una maniobra evasiva de minimización de resultados.

### **2.2.3. Fase de Conflicto**

Esta fase hace referencia al último periodo de la evolución del accidente. En ella se produce la culminación del suceso. Está comprendida entre el PCL y la posición final PF.

Dentro de esta fase se distingue:

- ❖ **La Zona de conflicto:** Es el espacio donde existe la mayor posibilidad de que ocurra el accidente. Depende de la dirección y elementos del vehículo y de la acción evasiva.
- ❖ **Punto de conflicto:** Pertenece a la zona de conflicto y es el momento en que se consume el accidente.
- ❖ **Posición final:** Es la posición inmóvil que adoptan los vehículos, personas y objetos una vez se ha producido el suceso.

Antes de producirse la posición final, aún cabe la posibilidad de modificar las trayectorias post-colisión y minimizar sus consecuencias.

Por otro lado, el conocimiento de los incidentes también tiene una importancia vital para prevenir y frenar muchas dimensiones de la accidentalidad (Pirámide de Hayden). Así, hacer consciente al conductor de los procesos que subyacen y anteceden a los incidentes es vital para explicar lo que pasa en los propios accidentes, ya que al hacer explícitos los parámetros de conducta implicados en estos procesos, el conductor eleva su percepción del riesgo aproximándose al riesgo real y, por tanto, adopta conductas más seguras.

## **2.3.CARACTERÍSTICAS DE UN ACCIDENTE DE TRÁNSITO**

### **2.3.1. Por la Gravedad del Accidente**

Esta clasificación se establece en función de las consecuencias producidas por el accidente, que pueden ser:

- ❖ **Mortales.** Cuando se ocasione el fallecimiento de una o varias personas en el acto o dentro de las 24 horas siguientes al accidente, a efectos estadísticos, también se consideran mortales aquellos en los que se produce una muerte dentro de los 30 días siguientes al momento en que se produjo el accidente.



- ❖ **Con heridos.** Cuando sólo se causan heridas, más o menos graves, a alguna de las personas que intervienen en el accidente: conductor, pasajero o peatones.
  
- ❖ **Con daños materiales.** Si como resultado del accidente sólo se producen daños en la propiedad, ya sea en los vehículos accidentados o en el patrimonio público o privado de un tercero.

## **2.3.2. Por Daños Materiales y Humanos**

### **2.3.2.1. Según Daños Materiales**

Se deberá de tener en cuenta la magnitud del accidente, el daño ocasionado en los vehículos al tener según el tipo de colisión, y las pérdidas económicas generadas por dicho accidente.

### **2.3.2.2. Según Daños Humanos**

De los elementos que intervienen en el accidente, las personas son las más indefensas y las que más daños pueden sufrir, siendo su pérdida irreparable. Los datos que se pueden obtener de una persona en un accidente, a parte de su testimonio. Están relacionados con las heridas que hayan sufrido, ya que dependiendo del lugar o que localicen las heridas se podrá determinar con qué parte del vehículo fue alcanzado, o con qué parte del interior se golpeó, si es el caso de un conductor por ejemplo, las heridas que aparecen en una persona atropellada suelen ser, en primer lugar fracturas de las extremidades inferiores, si es arrastrada, aparecerán magulladuras por todo el cuerpo, quemaduras como consecuencia del roce con el asfalto, pérdida de sustancia muscular, así como aplastamiento de alguna parte del cuerpo, si es despedida y rueda por encima del vehículo, pueden aparecer fracturas en las extremidades superiores, posible fractura de cráneo, fracturas de otros huesos al rodar por la parte superior del vehículo, etc. Otros datos se obtienen de los rastros que dejan las personas implicadas en el accidente.

Restos de ropa y calzado, manchas de sangre las marcas que dejan impresas sobre la carrocería del vehículo o en su interior, estas últimas indican con que parte del mismo fueron golpeados.

### 2.3.3. Por la Forma del Accidente

Por la forma de producirse los accidentes se clasifican en:

**Tabla 2.1** Por la Forma de Producirse los Accidentes

<b>Colisiones</b>	Frontales	Perpendiculares	Oblicuos
	Reflejos	Por alcance	Raspado
<b>Salidas de vía</b>	Vuelco de campana	Vuelco en tonel	
<b>Choques</b>	Con objetos varios		
<b>Atropello</b>	Accidente con características especiales		

**Fuente.-** (Manual de Seguridad Vial y Tránsito)

**a.- Choques:** Se entiende por choque cuando un vehículo en movimiento impacta con otro objeto que no sea otro vehículo en movimiento, como pueden ser infraestructuras viarias, o elementos de su entorno, objetos accidentalmente situados en la vía (piedras, cargas, neumáticos...) o intencionadamente (paneles de señalización provisional, conos, etc.). También se considera “choque” a la colisión entre un vehículo en movimiento y otro estacionado o abandonado en la vía.

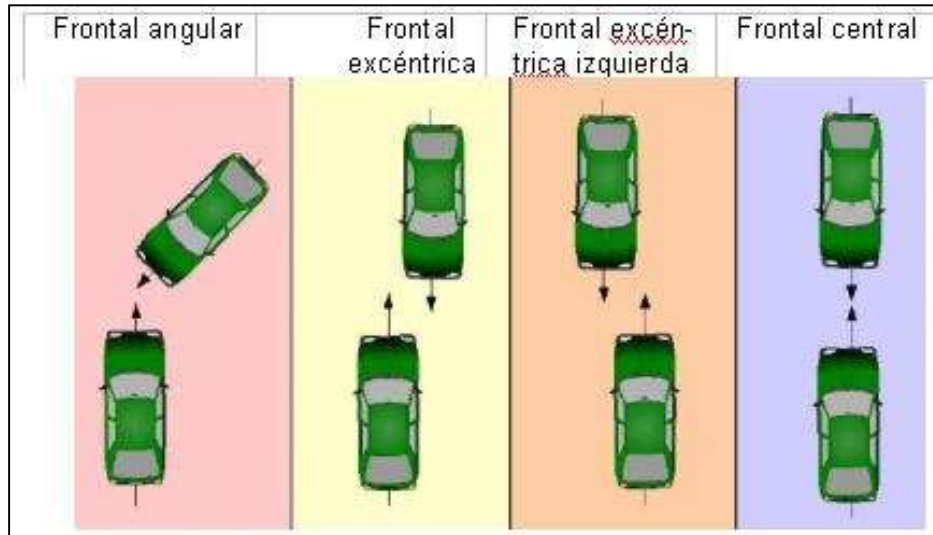
**b.- Colisiones:** Cuando se produce un choque violento entre vehículos en movimiento, se denomina “colisión”.

**b. 1.- Colisiones Frontales:** En las colisiones denominadas frontales, los vehículos colisionan con su parte delantera frontal entre sí.

Hay tres tipos:

- ❖ En las colisiones angulares frontales, los ejes forman un ángulo inferior a 90° entre sí.
- ❖ En las colisiones excéntricas, los ejes son paralelos, pero está desplazado uno con respecto al otro.
- ❖ En las colisiones frontales, los ejes son paralelos y superpuestos.

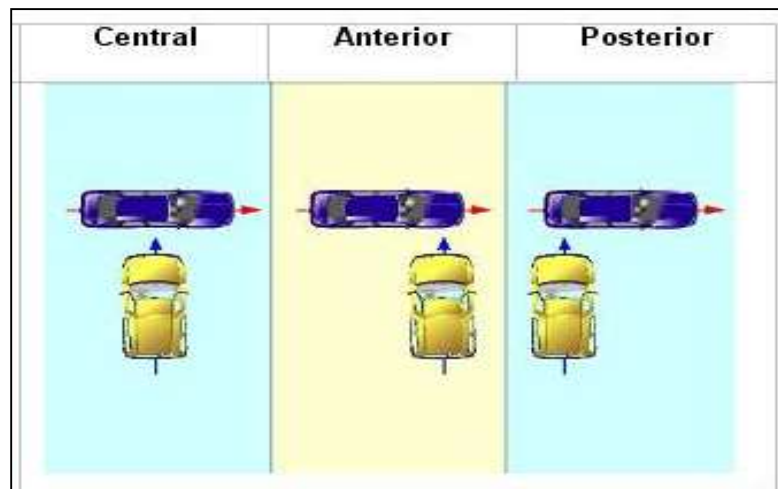
**Figura 2.1.-** Tipos de Colisiones



**Fuente.-** (Manual de Seguridad Vial y Tránsito)

**b.2.- Colisiones o Embestidas Perpendiculares:** En colisiones perpendiculares, un vehículo colisiona en la parte lateral del otro, formando los ejes un ángulo de  $90^\circ$  entre sí. Dependiendo de la zona donde impacte un vehículo sobre el otro se denominan colisiones perpendiculares posteriores, centrales o anteriores.

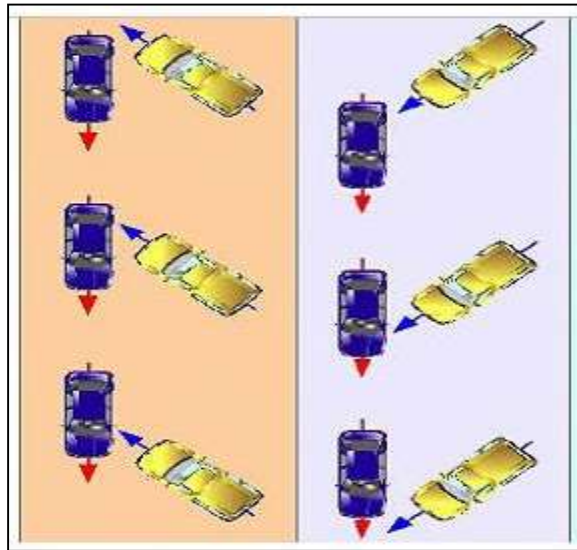
**Figura 2.2.-** Colisiones o Embestidas Perpendiculares



**Fuente.-** (Manual de Seguridad Vial y Tránsito)

**b.3.- Colisiones o Embestidas Oblicuas:** uno de los vehículos impacta con su frontal en el lateral del otro formando los ejes entre si un ángulo de 90° Análogicamente al caso anterior los tipos de colisiones oblicuas son:

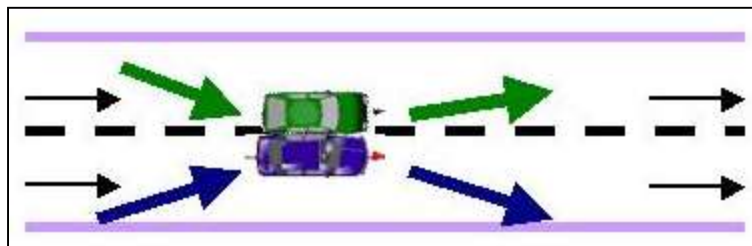
**Figura 2.3.-** Colisiones o Embestidas Oblicuas



**Fuente.-** (Manual de Seguridad Vial y Tránsito)

**b.4.- Colisiones Reflejas:** en las colisiones reflejas, los vehículos colisionan entre sí dos o más veces.

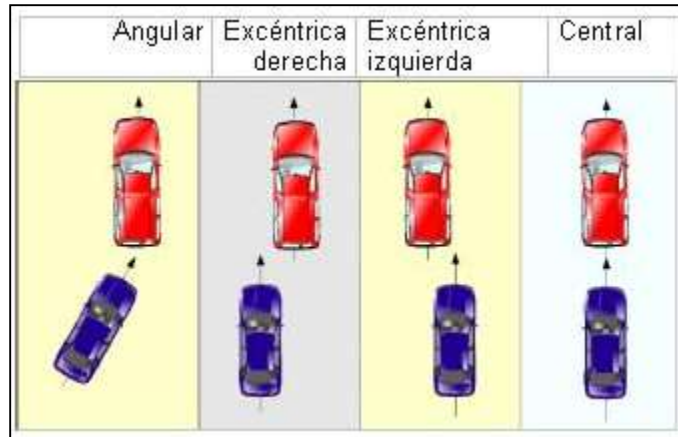
**Figura 2.4.-** Colisiones Refleja



**Fuente.-** (Manual de Seguridad Vial y Tránsito)

**b.5.- Colisiones por Alcance:** La parte frontal del vehículo impacta en la parte trasera del otro.

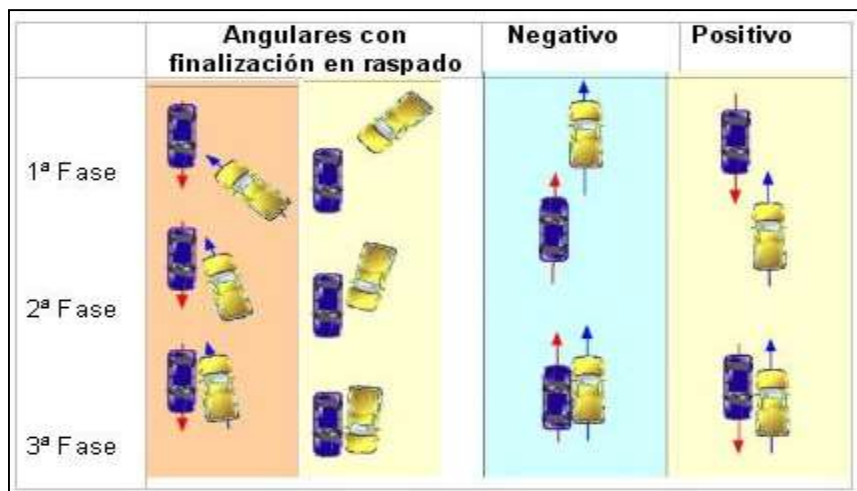
**Figura 2.5.-** Colisiones por Alcance



**Fuente.-** (Manual de Seguridad Vial y Tránsito)

**b.6.- Raspado:** Los raspados son roces o fricciones entre laterales de los vehículos. Se denominan raspados negativos o positivos dependiendo de si los vehículos llevan el mismo sentido de circulación o sentido contrario como se muestra en la figura.

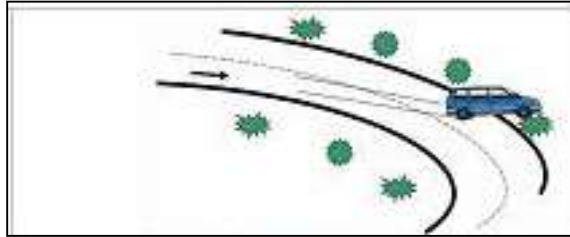
**Figura 2.6.-** Raspado



**Fuente.-** (Manual de Seguridad Vial y Tránsito)

**c.- Salida de Vías:** Por las causas que sean, un vehículo puede sufrir una salida involuntaria de la calzada, las salidas de la vía pueden ser sin vuelco. Si el vehículo vuelca longitudinalmente se denomina vuelco de campana y si lo hace transversalmente vuelco de tonel.

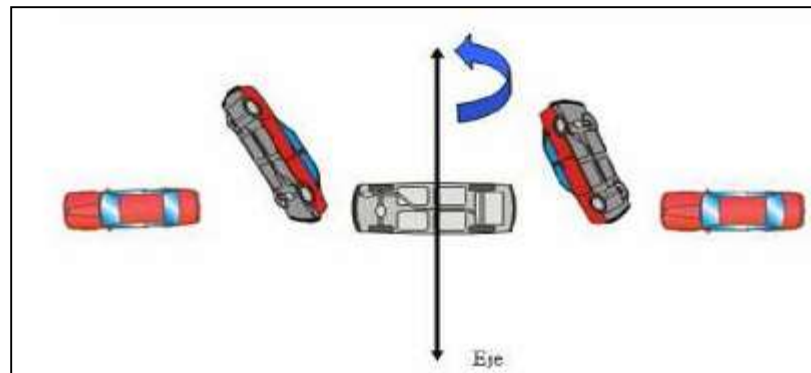
**Figura 2.7.-** Salida de Vías



**Fuente.-** (Manual de Seguridad Vial y Tránsito)

**c. 1.-Vuelco de Campana:** Se produce cuando el vehículo gira sobre su eje transversal.

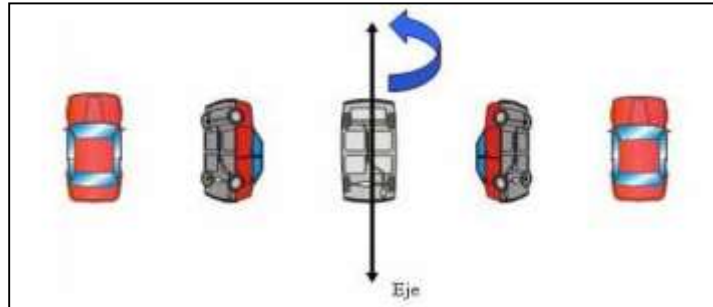
**Figura 2.8.-** Vuelco de Campana



**Fuente.-** (Manual de Seguridad Vial y Tránsito)

**c. 2.- Vuelco de Tonel:** Se produce cuando un vehículo gira sobre su eje longitudinal.

**Figura 2.9.-** Vuelco de Tonel



**Fuente.-** (Manual de Seguridad Vial y Tránsito)

**d.- Atropellos:** Se entiende por atropello cuando exista una gran desproporción de una colisión. Se clasifican en atropellos a peatones, bicicletas o ciclomotores.

Los accidentes que producen la muerte por golpes en la cabeza pueden producirse a velocidades a partir de 30 Km/h, si la parte afectada del cuerpo de la víctima no es la cabeza, las velocidades necesarias han de ser superiores a 60Km/h.

**Figura 2.10.-** Atropellos



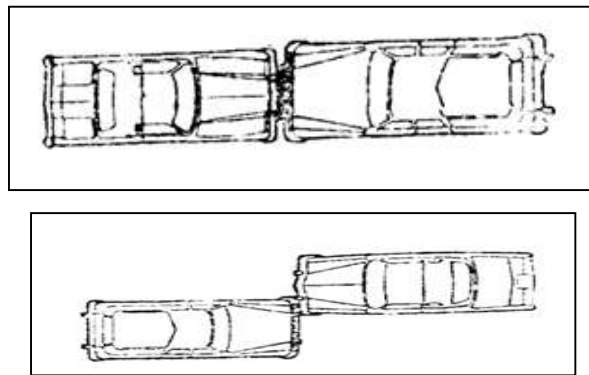
**Fuente.-** (Manual de Seguridad Vial y Tránsito)

## 2.4. CLASIFICACIÓN DE LOS ACCIDENTES DE TRÁNSITO

### 2.4.1. Tipos de Accidentes

**2.4.1.1. Colisión Frontal:** Es el encuentro violento entre dos o más vehículos en movimiento. El impacto se da y se recibe en las partes delanteras de los vehículos implicados. Puede ser CENTRAL (cuando coinciden aproximadamente los ejes longitudinales de los vehículos) O EXCÉNTRICO DERECHO O IZQUIERDO (cuando los ejes longitudinales son paralelos pero no coincidentes). Si los ejes longitudinales no son paralelos, la COLISIÓN SERÁ ANGULAR (el ángulo que formen los ejes longitudinales de los vehículos debe ser inferior a  $90^{\circ}$ )

**Figura 2.11.-** Colisiones Frontales



**Fuente.-** (Manual de Seguridad Vial y Tránsito)

**2.4.1.2. Colisión por Alcance:** Se produce cuando un vehículo circula a mayor velocidad que el que le precede y al que golpea en su parte posterior. Los resultados dañosos suelen ser inferiores por la diferencia de velocidades existentes entre los vehículos implicados. Como en el caso anterior, pueden ser CENTRAL, EXCÉNTRICA Y ANGULAR.

**Figura 2.12** Choque por alcance.

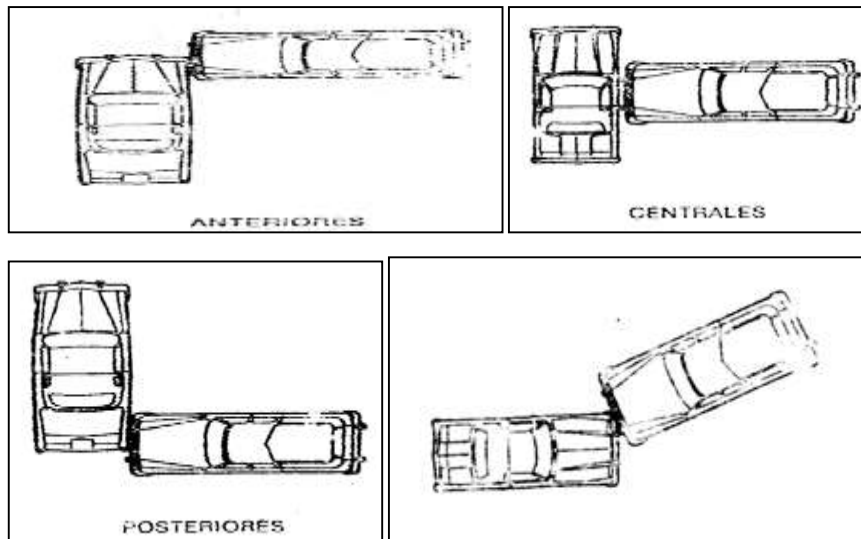


**Fuente.-** (Manual de Seguridad Vial y Tránsito)



**2.4.1.2. Colisión Lateral o Embestida:** Se produce cuando un vehículo golpea contra la pared lateral de otro que está en marcha. Podrá ser contra la parte central, la anterior o la posterior. Podrá ser PERPENDICULAR, cuando los correspondientes ejes longitudinales se encuentran orientados perpendicularmente, formando los ejes un ángulo de  $90^{\circ}$ , OBLICUA, cuando el ángulo que forman los ejes sea inferior o superior a  $90^{\circ}$ .

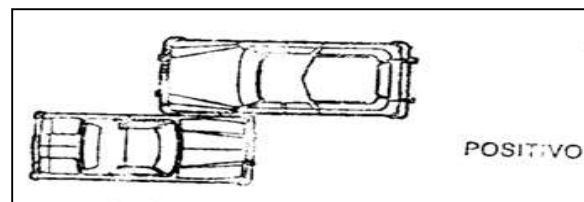
**Figura 2.13** Colisiones Laterales



**Fuente.-** (Manual de Seguridad Vial y Tránsito)

**2.4.1.4. Colisión por Roces:** Consiste en la fricción fuerte y violenta entre las paredes laterales de los vehículos implicados. Podrá ser POSITIVO, cuando ambos vehículos circulen en sentidos opuestos, y NEGATIVO, cuando ambos vehículos circulan en el mismo sentido.

**Figura 2.14** Colisiones Rose



**Fuente.-** (Manual de Seguridad Vial y Tránsito)

**2.4.1.5. Colisiones Mixtas:** Se produce una COMBINACIÓN DE DOS O MÁS clases de accidente en uno solo. Por ejemplo una embestida en ángulo agudo puede terminar en raspado.

**2.4.1.6. Accidentes Mixtos:** Son una COMBINACIÓN DE UNA COLISIÓN Y UN ATROPELLO. Suelen producirse entre vehículos turismos y vehículos de dos ruedas, en los que el conductor o pasajero de estos últimos salen proyectados y sufren después de la colisión un atropello.

**2.4.1.7. Accidentes en Cadena:** Son los casos en los que un ACCIDENTE se convierte en CAUSA de un segundo o un posterior accidente. Suelen ocurrir en vías con gran densidad de tráfico.

En resumen, es importante CONOCER los distintos tipos posibles de accidentes para una posterior RECONSTRUCCIÓN EFICAZ. Conocer la POSICIÓN FINAL de los vehículos y usuarios implicados en el accidente podrá ayudar a deducir la forma en la que se produjo.

## **2.4.2. Lugares de Incidencia**

### **2.4.2.1. Según la Vía**

Todo accidente de tráfico deja una serie de huellas sobre la vía, que una vez recopiladas y estudiadas darán una idea aproximada de como sucedió.

Existen varios tipos de huellas que se agrupan en función de la existencia o no en daño en la vía.

#### **❖ Restos del Vehículo.**

Se considera restos al conjunto de fragmentos, residuos, líquidos, etc. Que quedan esparcidos por la calzada.

**Figura 2.15.-** Restos del vehículo



**Fuente.-** (Manual de Seguridad Vial y Tránsito)

❖ **Daños y Marcas.**

Daños son todos aquellos desperfectos importantes que se producen en las partes o elementos fijos de la vía, vallas protectoras, señales, farolas, etc.

Marcas son ligeros desperfectos que se producen tanto en las partes fijas de la vía, como en el pavimento: arañazos y rozaduras en las superficies, surcos, y acanaladuras, etc.

La importancia de los tipos de huellas mencionados estriba en que por medio de ellas se determina, por ejemplo, donde ocurrió la colisión, el camino o trayectoria del vehículo antes y después del choque, etc.

**Figura 2.16.-** Daños y Marcas



**Fuente.-** (Manual de seguridad vial y tránsito)

❖ **Huellas de Neumáticos.** Podrían considerarse marcas sobre el pavimento pero se les da un tratamiento especial y se estudian por separado pues tiene una gran importancia para determinar con exactitud, el comportamiento del vehículo y la maniobra efectuada por el conductor.

Dentro de la extensa variedad de huellas de neumático que existen la más importante es la huella del frenado que se produce cuando el conductor, acciona de forma brusca los frenos.

Bloquea las ruedas, produciéndose un fuerte rozamiento entre el asfalto, la banda de rodadura, esto genera un aumento de temperatura muy importante y ocasiona un desgaste progresivo del neumático, que deja restos de goma sobre la calzada.

**Figura 2.17.-** Huellas de Neumáticos



**Fuente.-** (Manual de Seguridad Vial y Tránsito)

### **2.4.3. Vehículos**

En nuestro país contamos con un Reglamento Nacional de Vehículos, el mismo que fue aprobado por Decreto Supremo, con el objeto de establecer los requisitos y características técnicas que deben cumplir los vehículos, para que ingresen, se registren, transiten, operen y se retiren del Sistema Nacional de Transporte Terrestre.

Los requisitos y características técnicas establecidas en el reglamento están orientados a la protección y seguridad de las personas, los usuarios del transporte y del tránsito terrestre, así como la protección del medio ambiente y el resguardo de la infraestructura vial.

Todo vehículo que transita por el Sistema Nacional de Transporte Terrestre debe ser identificado de acuerdo a los parámetros establecidos de la norma, a continuación presentamos un pequeño resumen:

- a) VIN (Vehiculé Identificación Number) Es el número de identificación Vehicular constituido por 17 caracteres, asignado y consignado por el fabricante conforme

a la dispuesto en la Norma Técnica de ITINTEC 383.031 i norma ISO 3780, de acuerdo a lo siguiente:

**Tabla 2.2. - VIN (Vehicle Identification Number)**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Identificación Mundial del Fabricante			Corresponden a la sección descriptiva del Vehículo (VDS)						Corresponden a la sección indicativa del Vehículo (VIS)							

**Fuente.-** Ing. Guisselle Montoya H (UNIV. NACIONAL DE ING.)

- b) Número de Chasis o serie Identifica al Chasis de los vehículos.  
El fabricante debe grabar este número en el chasis, bastidor o carrocería y, adicionalmente, debe consignarlo en una placa fija en el vehículo.
- c) Número de Motor Identifica al motor de los vehículos, debiendo ser consignado en el motor por el fabricante del mismo.
- d) **Categorías**

**Categoría L.-** Vehículos Automotores con menos de cuatro ruedas

**Tabla 2.3.-** Categoría L

L1	Vehículos de dos ruedas, hasta 50 cm <sup>3</sup> y velocidad máxima de 50 Km/h
L2	Vehículos de tres ruedas, hasta 50 cm <sup>3</sup> y velocidad máxima de 50 Km/h
L3	Vehículos de dos ruedas, de más de 50 cm <sup>3</sup> o velocidad mayor a 50 Km/h
L4	Vehículos de tres ruedas asimétricas al eje longitudinal del vehículo, de más de 50 cm <sup>3</sup> o velocidad mayor a 50 Km/h
L5	Vehículos de tres ruedas asimétricas al eje longitudinal del vehículo, de más de 50 cm <sup>3</sup> o velocidad mayor a 50 Km/h y cuyo peso bruto vehicular no exceda de una tonelada.

**Fuente.-** Ing. Guisselle Montoya H (UNIV. NACIONAL DE ING.)

**Categoría M.-** Vehículos Automotores con menos de cuatro ruedas o más diseñados y construídos para el transporte de pasajeros.

**Tabla 2.4.-** Categoría M

M1	Vehículos de ocho asientos o menos, sin contar con el asiento del conductor
M2	Vehículos de ocho asientos o menos, sin contar con el asiento del conductor y peso bruto vehicular de 5 toneladas o menos
M3	Vehículos de ocho asientos o menos, sin contar con el asiento del conductor y peso bruto vehicular de más de 5 toneladas.

**Fuente.-** Ing. Guisselle Montoya H (UNIV. NACIONAL DE ING.)

Los vehículos de las categorías M2 y M3, a su vez de acuerdo a la disposición de pasajeros se clasifican en:

**Clase I:** Vehículos construidos con áreas para pasajeros de pie permitiendo el desplazamiento frecuente de éstos.

**Clase II:** Vehículos construidos principalmente para el transporte de pasajeros sentados y también diseñados para permitir el transporte de pasajeros de pie en el pasadizo y/o en un área que no excede el espacio previsto para dos asientos dobles.

**Clase III:** Vehículos construidos exclusivamente para el transporte de pasajeros sentados.

**Categoría N.-** Vehículos Automotores con menos de cuatro ruedas o más diseñados y Construídos para el transporte de mercancías.

**Tabla 2.5.-** Categoría N

N1	Vehículos de peso bruto vehicular de 3.5 toneladas o menos
N2	Vehículos de peso bruto vehicular mayor a 3.5 toneladas hasta 12 toneladas.
N3	Vehículos de peso bruto vehicular mayor a 12 toneladas

**Fuente.-** Ing. Guisselle Montoya H (UNIV. NACIONAL DE ING.)

**Categoría O.-** Remolques (incluido semirremolques).

**Tabla 2.6.-** Categoría O

O <sub>1</sub>	Remolques de peso bruto vehicular de 0.75 toneladas o menos
O <sub>2</sub>	Remolques de peso bruto vehicular de más de 0.75 toneladas hasta 3.5 toneladas
O <sub>3</sub>	Remolques de peso bruto vehicular de más de 3.5 toneladas hasta 10 toneladas
O <sub>4</sub>	Remolques de peso bruto vehicular de más de 10 toneladas

**Fuente.-** Ing. Guisselle Montoya H (UNIV. NACIONAL DE ING.)

## **2.5.FACTORES QUE OCASIONAN UN ACCIDENTES DE TRÁNSITO**

### **2.5.1. Factores Humanos**

Los factores humanos son los que se consideran de mayor responsabilidad en la implicación en accidentes de tráfico, la cual oscila desde el 33% según Altozano en 1991 hasta más del 90% según Storie. “Entre los fallos humanos implicados en la accidentalidad se pueden destacar varios grupos:

- ❖ Errores que preceden al accidente, como errores de reconocimiento e identificación de vehículos, señales, obstáculos, etc. Los de procesamiento y toma de decisiones o los errores en la ejecución de la maniobra.



- ❖ Agentes directos diversos: entre los que destacarían causas físicas como fatiga, falta de energía, defectos sensoriales, determinadas enfermedades, etc. Estados psicofísicos transitorios por depresión, uso de sustancias como el alcohol, ingesta de fármacos o drogas; conductas interferentes por charlar, encender la radio, fumar, hablar por el móvil, etc. o la búsqueda intencionada del riesgo y de las emociones intensas, que generalmente se exterioriza a través de la velocidad.
  
- ❖ Agentes inhibidores de la prudencia, como la adaptación sensorial a la velocidad, la subestimación de la velocidad propia, sobreestimar la propia habilidad como conductor, pensar que conducir es algo sencillo y poco peligroso, la conciencia del conductor de creer que controla su vehículo a la perfección, observar imágenes y modelos negativos en cine y TV, con vehículos que incitan a conductas temerarias, etc.

### **2.5.2. Factores Mecánicos**

El esfuerzo realizado por la industria ha dado lugar a que dispongamos de automóviles cada vez más sofisticados técnicamente y con unos altos niveles de seguridad. Disponemos, por ejemplo, de todo un conjunto de elementos de seguridad activa en el vehículo, que hacen que éste se comporte con seguridad cuando se mueve, evitando la posibilidad de que se produzca un accidente, tales como: los sistemas de frenado, todos los elementos relacionados con adherencia del vehículo a la vía, suspensión, amortiguación, transmisión, neumáticos, los elementos relacionados con la visibilidad, incluyendo los sistemas de luces y alumbrado, etc. Además, los vehículos actuales están equipados con otro conjunto de elementos denominados de seguridad pasiva, como el cinturón de seguridad, sistemas de absorción de impactos, los sistemas de retención infantil, el airbag, las barras de protección lateral, etc., diseñados para aminorar las consecuencias en las personas y otros vehículos tras producirse el siniestro.

La aparición de nuevos desarrollos tecnológicos necesariamente tendrá que prever el impacto en todo el entorno social, además del impacto directo sobre el conductor o el peatón. Por ejemplo, la masiva extensión de vehículos eléctricos en un corto periodo de tiempo podría llegar a significar un grave problema para la seguridad si no se reeduca a la población, ya

que una de las claves que tiene el peatón para descubrir la presencia de un coche es el sonido, que en este caso quedaría sensiblemente disminuído.

Así, a pesar de todas estas mejoras en la seguridad de los vehículos, las estadísticas conceden al vehículo un porcentaje medio de causa exclusiva de accidente situada entre el 5 y el 13%, a lo que hay que añadir obviamente que en ocasiones el vehículo es causa compartida de accidentes.

Los elementos del vehículo determinantes en los accidentes son: el tipo de vehículo, su antigüedad y su estado. No obstante se hace imprescindible matizar que el tema es extraordinariamente complejo si se quiere hacer un análisis sofisticado y exacto, ya que existen otras variables que tienen un gran peso en el tema, como el número de kilómetros recorridos por cada clase de vehículo y las características de los conductores que los manejan habitualmente como la edad y la experiencia.

La importancia de la vejez del parque automotor es mucho mayor de lo que en principio se pudiera pensar. Al respecto habría que priorizar, al menos, tres importantes aspectos.

- ❖ **Primero:** conforme se incrementa la edad de un vehículo y especialmente a partir de los 8-10 años se acelera la probabilidad de que se produzca un accidente por fallo mecánico.
- ❖ **Segundo:** dada la evolución constante de los sistemas de seguridad activa se puede inferir que un vehículo con más de diez años no tiene la "misma capacidad de respuesta" que un vehículo nuevo, para evitar que desencadene el accidente.
- ❖ **Tercero:** un vehículo más nuevo dispone de mecanismos de seguridad pasiva más sofisticados (distintos tipos de airbag, por ejemplo), lo que hará que en condiciones normales sean mucho menores las consecuencias de los accidentes.

Todo ello, sin tener en cuenta otros importantes elementos que hacen referencia a cuestiones de consumo energético o aspectos ecológicos.

Así, en cuanto al estado de los vehículos, aunque es muy difícil generalizar, las deficiencias técnicas que mayor implicación tiene en los accidentes por fallo mecánico, son el mal estado de los neumáticos, los problemas en los frenos y los fallos de iluminación, defectos en la dirección del vehículo y problemas de sobrecarga o mala distribución.

### 2.5.3. Factores de Diseño

Dentro de los elementos que intervienen en los accidentes de circulación la vía presenta distintas características estables y cambiantes significativas:

"La calzada o vía: incluyendo su planteamiento y construcción, trazado, pavimentación, ancho, resistencia al deslizamiento, número de carriles, la pendiente, el peralte, así como su explotación, mantenimiento y rehabilitación.

El diseño del entorno de la vía: elementos y objetos que deben considerarse componentes de la vía por su influencia en la conducción, incluyendo desde la localización de señales, bolardos, barreras protectoras, la señalización y otros objetos del mobiliario urbano, hasta el problema que plantea el diseño correcto de la señalización desde su aspecto perceptivo, tipos de letra, tamaños, situación, visibilidad e iluminación, etc.

Existiría, por otra parte, todo un conjunto de elementos "cambiantes" que modulan e influyen en la conducción de forma más imprevisible, intemporal o incidental como son:

La climatología e incidencias u obstrucciones temporales: oscuridad, niebla, lluvia, nieve o hielo, obras en la vía, cruce de animales, otros vehículos y peatones, atascos, retenciones, etc.

Las medidas de control de tráfico y la supervisión policial: que incluye el control y gestión temporal de las señales luminosas, pasos para peatones y rotondas, controles policiales de las infracciones del conductor, cámaras de control de tráfico, etc.

De estos factores ambientales, las características de la vía y del tiempo al menos explican el 12% de los accidentes de circulación.

Es evidente que existe una cierta relación de la accidentalidad con la categoría de la vía y los lugares de las mismas.

Los puntos negros son importantes, aunque la mayor parte de los accidentes se producen en las grandes rectas.

Precisando más y en relación con el tipo de vía (respetando la antigua nomenclatura), se aprecia que las carreteras nacionales y locales son las más peligrosas, tanto por el número de muertos como por el número de accidentes con víctimas. Frente a éstas, las carreteras

comarcales, las autovías y autopistas a mucha más distancia, son las que menos riesgo objetivo parecen presentar" (Montoro et al. (2000)(12).

#### **2.5.4. Factores Sociales y Económicos**

El aumento de accidentes y lesiones se ve modulado por distintos factores del entorno social y económico como son: la creciente cantidad de vehículos a motor, el incremento de los recursos económicos, los cambios demográficos, crecimiento de las grandes ciudades, el tipo de usuario de las vías, el clima.

Distintos estudios han puesto de manifiesto la relación entre el aumento de accidentes y lesiones y el aumento de vehículos a motor.

Este aumento implica un mayor volumen de tráfico, lo que significa un incremento en el riesgo importante fundamentalmente para los peatones y ciclistas. En este contexto surge la necesidad de considerar y planificar cuidadosamente el transporte y la movilidad, teniendo en cuenta las necesidades de esos usuarios de la vía pública.

El aumento en el parque se ve influenciado en buena parte por el incremento de los recursos económicos que en los últimos 20 años ha habido tanto en los países de ingresos altos, como en los de ingresos medios o bajos. Ésto implica que personas que no podían disponer de vehículo motorizado, empiecen a utilizarlo. La mayor parte del incremento del parque automotor es para los vehículos de dos ruedas lo que incrementa el riesgo de lesión sobre todo en los países de ingresos medios y bajos.

Los cambios demográficos resultan un factor importante a tener en cuenta en la exposición al riesgo y la accidentalidad. Así, se prevé que durante los próximos 20 años en los países con ingresos medios y altos, las personas mayores de 65 años de edad pasen a constituir numéricamente el primer grupo de usuarios de la vía pública.

En esta línea, se hace necesario desarrollar acciones a nivel de diseño, ingeniería vial, gestión del tráfico y educación vial para prevenir la accidentalidad y lesiones de estos usuarios vulnerables

De igual modo, el crecimiento rápido de las grandes ciudades origina cambios significativos, en la distribución de riqueza y en la ocupación del espacio urbano que requieren el desarrollo de estudios y acciones específicas.

## **2.6. FORMAS DE PREVENCIÓN DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO**

### **2.6.1. Campañas de Formación Vial**

Una formación en Seguridad Vial en las empresas basada en la prevención de los factores de riesgo del tráfico en el entorno, consigue mejorar los conocimientos y actitudes frente en accidentes de tránsito.

Se trata de guiar a los conductores hacia las conductas viales seguras, basándose en los siguientes conceptos básicos:

- ❖ Percepción y sensibilización del problema de los accidentes de tráfico.
- ❖ Conceptos de conducción segura.
- ❖ Factor Humano. El conductor.
- ❖ Factor vía.
- ❖ Los dispositivos de seguridad en el automóvil.

Es conveniente crear una dinámica de cursos de prevención de riesgos de tráfico en entorno. Los cursos más generales de seguridad vial pueden impartirse, centrándose en los riesgos asociados a los desplazamientos al ir o regresar de un punto a otro.

La elaboración de materiales informativos, tanto en papel como en formato electrónico, ayuda a transmitir los mensajes de prevención de riesgos de accidentes. Estos mensajes pueden variar según el colectivo al que se dirige y la época del año, siguiendo el concepto de “cada mes, un nuevo consejo”.

## **2.6.2. Controles Rutinarios**

### **2.6.2.1. Vehículos**

El papel del sector del transporte consiste en ofrecer un sistema eficiente que permita el transporte seguro de personas y mercancías. Por lo tanto, el sector es responsable de:

- ❖ El estado, el diseño y la construcción de un entorno vial que promueve o dificulta los desplazamientos seguros.
- ❖ Las inspecciones técnicas y la matriculación de los vehículos de carretera.
- ❖ La gestión de los exámenes que determinan o confirman la capacidad de un conductor para manejar con seguridad diversos tipos de vehículos en la vía.

Las actividades del sector del transporte se centran en garantizar el funcionamiento seguro y eficiente del sistema de tránsito por carretera mediante el fomento de la correcta utilización de la red vial por sus usuarios. Este sector necesita datos para identificar los lugares de alto riesgo (a veces llamados puntos negros), analizar los accidentes en estos lugares y, en último término, seleccionar las contramedidas adecuadas. Además, el análisis de los datos de accidentes puede ayudar a determinar las vías peligrosas y los problemas de diseño vial con miras a mejorar las normas técnicas.

### **2.6.2.2. Vías**

Existen varios factores que influyen o afectan el flujo vehicular, y generan accidentes de tránsito entre ellos podemos mencionar: las características geométricas de la vía (ancho, pendiente, curvatura), tipo de superficie (trocha, afirmado, tratamiento superficial, carpeta asfáltica), deterioros en la vía (baches, hundimientos, ahuellamientos, etc.) y la señalización o dispositivos de control de tránsito tales como semáforos y señales restrictivas.

Por consiguiente se deberá realizar controles rutinarios para subsanar estas falencias que se tiene en las obras viales.

### **2.6.2.3. Conductores**

El papel de la policía consiste en velar por la seguridad personal de los ciudadanos en todos los aspectos de la vida diaria y en todos los lugares, lo que incluye los desplazamientos por la red vial. Esta protección se brinda mediante la promulgación y aplicación de leyes que rigen el uso correcto y seguro de dicha red.

Por consiguiente, en general, es la policía la que mantiene bases de datos con el número y las características de los accidentes de tránsito, tanto a nivel nacional como local o regional. Además, es la responsable de investigar todos los accidentes de tránsito para determinar si se han infringido normas e identificar la culpabilidad.

La policía, y en general el ámbito de los Ministerios de Justicia y de Interior, junto con su brazo legislativo, necesitan datos que permitan determinar las causas y la magnitud de los accidentes de tránsito.

Esta necesidad cobra especial interés en relación con los factores de riesgo que son posible reducir mediante la promulgación y aplicación de normas, como la conducción bajo los efectos del alcohol y las drogas, el exceso de velocidad o la omisión del uso de equipos de seguridad como cascos, cinturones de seguridad y sistemas de retención infantil. Unos datos suficientes pueden ayudar a la policía a determinar las zonas y lugares en los que se debe actuar más para hacer cumplir las normas.

### **2.6.3. Señalizaciones**

El propósito fundamental de este documento técnico es lograr mediante el fiel cumplimiento de las normas que contiene, una completa uniformidad de la señalización de tránsito en todo el territorio nacional. Para ello, además de entregar las especificaciones de cada elemento de señalización, ya sean señales verticales u horizontales, semáforos, delineadores, balizas u otros, se consignan los criterios técnicos que permiten conocer cuáles, cuándo, dónde y cómo éstos deben ser instalados.

**Tabla 2.7.- Señalizaciones**



**Fuente.-** Ing. Guisselle Montoya H (UNIV. NACIONAL DE ING.)

### 2.6.3.1. Señales Verticales

Las señales de tránsito verticales, describiéndose la función, propósito y características de cada una de ellas.

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

#### a) Señales Reglamentarias:

Tienen por finalidad notificar a los usuarios de las vías las prioridades en el uso de las mismas, así como las prohibiciones, restricciones, obligaciones y autorizaciones existentes. Su transgresión constituye infracción a las normas del tránsito.

#### b) Señales de Advertencia de Peligro:

Su propósito es advertir a los usuarios la existencia y naturaleza de riesgos y/o situaciones imprevistas presentes en la vía o en sus zonas adyacentes, ya sea en forma



permanente o temporal. Estas señales suelen denominarse también Señales Preventivas.

**c) Señales Informativas:**

Tienen como propósito guiar a los usuarios y entregarles la información necesaria para que puedan llegar a sus destinos de la forma más segura, simple y directa posible. También informan acerca de distancias a ciudades y localidades, kilometrajes de rutas, nombres de calles, lugares de interés turístico, servicios al usuario, entre otros.

**2.6.3.2. Señales Horizontales**

Las señales horizontales o marcas efectuadas sobre la superficie de la vía, tales como líneas, símbolos, letras u otras indicaciones conocidas como DEMARCACIONES, describiéndose su función, propósito y características.

Estas especificaciones constituyen el estándar mínimo aceptable, pudiendo las autoridades locales aumentarlos atendiendo a las particularidades que todas las vías suelen presentar.

Dado que se ubican en la calzada, las demarcaciones presentan la ventaja, frente a otros tipos de señales, de transmitir su mensaje al conductor sin que éste distraiga su atención de la pista en que circula. Sin embargo, presentan como desventaja que su visibilidad se ve afectada por nieve, lluvia, polvo, alto tráfico y otros.

En general, todas las vías deberían contar con las demarcaciones requeridas, según lo especificado en este capítulo, siendo obligatorias en vías rurales y en vías urbanas cuya velocidad máxima sea superior a 60 km/h o su calzada tenga tres o más pistas o que registren un tránsito de 2.000 o más vehículos/día, sin perjuicio de las correspondientes a PARE y CEDA EL PASO, las que serán siempre obligatorias.

La instalación de demarcaciones requiere pavimentos relativamente indeformables, lisos y compactos, por lo que no se pueden aplicar en caminos de tierra o ripio.

## **2.6.4. Normativas**

### **2.6.4.1.Reglas de Tránsito**

Son algunas normativas que se debe de cumplir para prever un accidente de tránsito:

- 1) Velocidad máxima adecuada y velocidad mínima adecuada.
- 2) No zigzaguear.
- 3) No adelantarse por la derecha
- 4) Dar paso a vehículos policiales, ambulancias y bomberos.
- 5) No violar la luz roja.
- 6) Respetar las señales de tránsito.
- 7) No consumir alcohol (0.5 gramos por litro de sangre, es el máximo nivel de alcoholemia permitido por Ley)
- 8) Usar el cinturón de seguridad.
- 9) Mantener distancia con relación al vehículo que le antecede.
- 10) Conducir con precaución.
- 11) Mirar siempre el espejo retrovisor ante cualquier maniobra.
- 12) Los menores deben ocupar el asiento trasero.
- 13) Manejar a velocidad moderada sobre el pavimento mojado y no adelantarse bajo lluvia.
- 14) Antes de utilizar el vehículo verificar su buen funcionamiento y estado.
- 15) Proceder con precaución en caso de accidente, absteniéndose de realizar tareas que se ignoren.

## **CAPÍTULO III**

### **MANUAL HIGHWAY SAFETY**

#### **3.1. INTRODUCCIÓN**

El Highway Safety Manual (HSM) es un recurso que provee el conocimiento de seguridad y las herramientas en una forma útil, para facilitar una mejor toma de decisiones, basada en el desempeño de seguridad.

El foco del HSM debe proveer información cuantitativa para la toma de decisiones.

El HSM ensambla actualmente información disponible y metodologías en medir, estimar y evaluar autopistas en términos de la frecuencia de emergencia (el número de choques al año) y la severidad de emergencia (ras con ras de lesiones, debido a los choques).

El HSM presenta herramientas y metodologías para consideración de “seguridad” a través del rango de actividades de la carretera: teniendo pensado el desarrollo, programación del proyecto, la construcción, las operaciones y el mantenimiento.

#### **3.2. DEFINICIONES**

##### **Métodos Predictivos**

Se proporciona un método predictivo para estimar la frecuencia media de accidentes esperada de una red, instalación, o sitio individual.

La estimación se puede hacer para las condiciones existentes, condiciones alternativas, o nuevas propuestas de caminos.

El método predictivo se aplica para un determinado lapso, volumen de tránsito, y características de diseño geométrico constantes del camino. Se aplica en el desarrollo y la evaluación de múltiples soluciones para un lugar específico por ejemplo, un proyecto de

camino que considera varias opciones de sección transversal podría utilizar la Parte C, para evaluar la frecuencia media de accidentes esperada de cada opción.

Para las **funciones de rendimiento de seguridad, SPF, pueden utilizarse modelos estadísticos** para estimar la frecuencia media de accidentes esperados en caminos de cierto tipo.

**Tabla 3.1.-** Funciones de Rendimiento de Seguridad, SPF

Capítulo HSM	Segmentos con Franja Divisoria	Segmentos Sin Franja Divisoria	Intersecciones			
			Control Mediante Señal de Alto		Control Mediante Semáforo	
			3-vías	4-vías	3-vías	4-vías
10- Vías Rurales de dos Carriles	✓	-	✓	✓	-	✓
11- Vías Rurales de Varios Carriles	✓	✓	✓	✓	-	✓
12- Vías Urbanas y Sub-Urbanas	✓	✓	✓	✓	✓	✓

**Fuente.** - Highway Safety Manual — (1 st Edition)

### 3.3. METODOLOGÍA

#### 3.3.1. Función de Performance de Seguridad (SPF)

Para Vías Urbanas y Sub urbanas:

Para un mayor entendimiento del uso, aplicación del “MANUAL HIGHWAY SAFETY” como se muestra a continuación en la **Figura 3.1.**

**Figura 3.1.-** Aplicación del Manual

Tipo	Carriles	Mediana	Abrev
Segmentos	2 Carriles	Sin Mediana	2U
	3 carriles	Incluido a carril Central	3T
	4 Carriles	Sin Mediana	4U
	4 Carriles	Con Mediana	4D
	5 Carriles	Incluido a Carril Central	5T
Tipo	Entradas	Señal	Abrev
Intersecciones	3 Entradas	Sin Señal	3ST
	3 Entradas	Con Señal	3SG
	4 Entradas	Sin Señal	4ST
	4 Entradas	Con Señal	4SG

**Fuente.** - Highway Safety Manual — (1 st Edition)

$$N_{\text{estimativo rs}} = (N_{\text{spf}} \times (\text{AMF}_{1x} \times \text{AMF}_{2x} \times \dots \times \text{AMF}_{yx})) + N_{\text{pedx}} + N_{\text{bikex}}) \times C_x$$

**Donde:**

**N predicted rs** = Frecuencia de emergencia común para un año específico para x de tipo del sitio.

**Nspf x** = Función de seguridad de performance determinada pues las condiciones base del SPF desarrollado para sitio x.

**AMFyx** = Accidente Modificación Factor específico para SPF para x de tipo del sitio

**Cx** = Calibración a ajustarse a SPF para condiciones locales para x de tipo del sitio.

**Npedx** =Frecuencia medio de colisiones del vehículo-peatón por año para el tipo del sitio x.

**Nbikex** =Frecuencia medio de colisiones de la vehículo-bicicleta por año para el tipo del sitio x.

### **Método de Bayes Empírico**

Para existir sitios, instalaciones, o redes, el Bayes empírico (EB) Método es aplicado dentro del método predictivo para combinar prevista frecuencia común y de emergencia determinada usando un modelo predicción, N predicted, con la observada frecuencia de emergencia, N observed (**donde sea pertinente**).

Uno que es aplicado para las dos estimaciones que refleja la fiabilidad estadística del SPF.

El EB Método puede ser aplicado en el nivel específico en sitio cuando los choques pueden ser asignados a sitios individuales (La posición geográfica detallada de los observados choques).

Alternativamente, el EB Método puede ser aplicado en el nivel específico en proyecto (Para una facilidad entera o red) cuándo los choques no pueden ser asignados a sitios individuales si no se sabe ocurren dentro de los límites geográficos generales (Las posiciones geográficas detalladas de choques no están disponibles).

Como la parte del EB Método, la esperada frecuencia de emergencia común también puede ser estimada para un período de futuro, cuándo AADT puede tener cambiar o los tratamientos específicos o las contramedidas pudieron haber sido implementados.

### **Las ventajas del método predictivo son eso:**

❖ La regresión para el prejuicio término medio es tratada del método que los concentrados en el término largo esperaron promedia frecuencia de emergencia en vez de la frecuencia de emergencia observada de corto plazo.

❖ La confianza en la disponibilidad de datos de emergencia para cualquier un sitio se acorta, incorporándose relaciones proféticas basadas en los datos de muchos sitios similares.

❖ Los modelos SPF en el HSM se basan en la distribución binomio negativa, cuáles son mejor satisfecho para modelar la variabilidad natural alta de datos de emergencia que las técnicas tradicionales de modelado, que se basa en la distribución normal.

❖ El método profético provee un método de estimación de emergencia para sitios o instalaciones que no se han forjado o no han estado en operación lo suficiente largo a hacer una estimación basada de adelante observó datos de emergencia.

$$N_{\text{expected}} = W_{i,B} \times N_{\text{predicted},B} + (1 - W_{i,B}) \times N_{\text{observed},B}$$

$$W_{i,B} = \frac{1}{1 + (K \times \sum_{\text{years}}^{\text{Before}} N_{\text{predicted}})}$$

$$k = \frac{0.236}{L}$$

### Donde

**N<sub>expected</sub>** = La estimación de expectativa de frecuencia de emergencia común para el período de estudio.

**N<sub>predicted</sub>** = La estimación modelo profética de frecuencia de emergencia común para el período de estudio.

**N<sub>observed</sub>** = Frecuencia observada de emergencia en el lugar sobre el período de estudio.

**W<sub>i,B</sub>** = Coeficiente de ajuste para ser colocada en la predicción SPF.

**K**= Parámetro de sobre-dispersión de la k del SPF asociado.

**L** =Longitud de segmento de la carretera ( millas).

### 3.3.2. Factores que Modifican Accidentes

Factores de Modificación de Accidentes, AMF. Representa el cambio relativo en una frecuencia de accidentes debido al cambio en una condición específica, cuando todas las otras condiciones y características del lugar permanecen constantes.

Es la relación de una frecuencia de accidentes en un mismo lugar bajo dos condiciones:

$$AMF = \frac{\text{Frecuencia de Accidentes Condición b}}{\text{Frecuencia de Accidentes Condición a}}$$

Un Factor de Modificación de Accidentes AMF sirve como estimador del efecto de una característica de diseño geométrico particular o de control de tránsito o de la efectividad de un tratamiento o condición particular.

AMF en el HSM. En el Manual de Seguridad Vial, HSM, los valores de AMF se determinan para un conjunto de condiciones básicas, que cumplen la función de condición ‘a’ en la ecuación.

Ésto permite comparar opciones de tratamiento respecto de una condición de referencia. Bajo las condiciones básicas el valor de **AMF es 1**.

Valores de **AMF menores que 1** indican que el tratamiento alternativo reduce la frecuencia de accidentes, en comparación con la condición básica.

Valores de **AMF mayores que 1** indican que el tratamiento alternativo aumenta la frecuencia de accidentes, en comparación con la condición básica.

La relación entre un AMF y el cambio en el porcentaje de la frecuencia de accidentes es:

$$\% \text{ de reducción de Accidentes ARF} = (1 - AMF) \times 100$$

A modo de ejemplo, un AMF de 0.7 corresponde a una reducción del 30% en los accidentes.

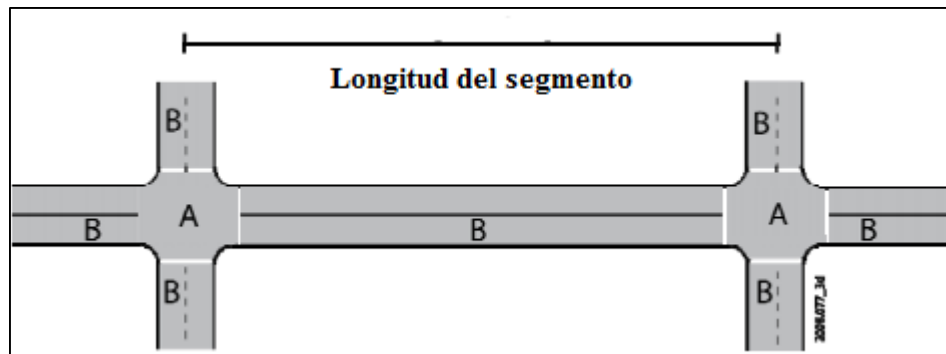


Un AMF de 1.2 corresponde a un aumento del 20% en los accidentes. Según el nivel de investigación realizada, la frecuencia de accidentes puede cuantificarse mediante un AMF, o describirse por las tendencias, (por ejemplo, parece causar una disminución en los accidentes totales).

La investigación que desarrolló el HSM estableció un proceso de selección y convocó a una serie de paneles de expertos para determinar cuáles AMF se considera suficientemente confiables como para incluirlos en el HSM.

### 3.3.2.1. Tramos Rectos Urbanos y Suburbanos

**Figura 3.2.-** Tramos Rectos



**Fuente.** - Highway Safety Manual — (1 st Edition)

#### AMF<sub>1r</sub> Aparcamiento de la En-calle

$$AMF_{1r} = 1 + p_{pk} \times (f_{pk} - 1)$$

**Donde:**

**AMF<sub>1r</sub>** = Factor de modificación de accidente por el efecto de aparcamiento en la calle.

**f<sub>pk</sub>** = Factor de aparcamiento ver **Tabla.3.2.**

**p<sub>pk</sub>** = Proporción de longitud de la restricción con el aparcamiento en la calle.

$$p_{pk} = \frac{0.5 \times L_{pk}}{L}$$

**Lpk** = La suma de longitud de la restricción del aparcamiento en la calle para ambos lados del camino (millas).

**L** = Longitud de segmento de la carretera (las millas).

**Tabla 3.2.-** Tipo de Aparcamiento

Tipo camino	Tipo de aparcamiento			
	Aparcamiento paralelo		Aparcamiento con angulo	
	Residencial/otros	Comercial Industrial / Institucional	Residencial/otros	Comercial Industrial / Institucional
2U	1.465	2.074	3.428	4.853
3T	1.465	2.074	3.428	4.853
4U	1.100	1.709	2.574	3.999
4D	1.100	1.709	2.574	3.999
5T	1.100	1.709	2.574	3.999

**Fuente.** - Highway Safety Manual — (1 st Edition)

### AMF2r - Objetos a las Orilla del camino

$$AMF_{2r} = f_{offset} \times D_{fo} \times p_{fo} + (1 - p_{fo})$$

**Donde:**

**AMF<sub>2r</sub>**= Factor de modificación de accidente por el efecto de orilla del camino arreglado los objetos en las accidentes del total

**f<sub>offset</sub>** = Factor del objeto fijo compensado **ver Tabla 3.3.**

**D<sub>fo</sub>**=Densidad del objeto fijo para ambos lados del camino.

**p<sub>fo</sub>**= Colisiones del objeto fijo como una proporción de accidentes totales **ver Tabla 4.12,**

### **4.17 CAPÍTULO IV**

## Recomendaciones

Este AMF aplica para sumar las caídas de segmento de carretera. Si el valor computado de **AMF<sub>2r</sub>** está menos de 1.00, es el igual fijo a 1.00.

Ésto sólo puede ocurrir para un objeto fijo muy bajo de densidades. Estimando la densidad de objetos fijos ( $D_{fo}$ ), sólo objetos del punto que son 4 pulgadas o más en el diámetro y no es considerado.

Los objetos del punto que está entre sí longitudinalmente dentro del 70-pie (21m) de a lo largo del camino, se cuenta como un solo objeto. Se cuentan objetos continuos que no están detrás de los objetos del punto como uno; el objeto del punto para cada 70-pie de longitud.

La distancia del desplazamiento ( $O_{fo}$ ) mostrado en tabla es una estimación de la distancia media del borde de la orilla del camino.

Si el medio desplazamiento a los objetos fijos excede el 30-pie, use el valor de **f<sub>offset</sub>** por el 30-pie.

Los objetos sólo arreglados en la orilla del camino en el lado correcto de la carretera en cada dirección de viaje son considerados, los objetos arreglados en la carretera del medio en la arteria dividido no es considerado.

**Tabla 3.3.-** Factor de Objeto Fijo

Compensacion objeto fijo ( $O_{fo}$ ) (ft)	Factor Objeto fijo ( $f_{offset}$ )
2	0.232
5	0.133
10	0.087
15	0.068
20	0.057
25	0.049
30	0.044

**Fuente.** - Highway Safety Manual — (1 st Edition)

### **AMF3r -Ancho del medio**

Un AMF para el ancho del medio en los segmentos de la carretera, se divide en urbano y suburbano se presenta en **Tabla.3.4**.

La condición para este **AMF es un ancho del medio de 15-pie**.

El efecto de barreras de tráfico en la seguridad podría esperarse que sea una función de tipo de la barrera y compense, en lugar del ancho del medio. Sin embargo, los efectos de estos factores en la seguridad no se han cuantificado.

Hasta que una información confiable esté disponible, un valor de AMF de 1.00, se usa para la mediana con las barreras de tráfico.

El valor de este AMF es 1.00 para no dividir los medios.

**Tabla 3.4.- Ancho de Medio**

<b>Ancho del Medio(ft)</b>	<b>AMF</b>
10	1.01
15	1.00
20	0.99
30	0.98
40	0.97
50	0.96
60	0.95
70	0.94
80	0.93
90	0.93
100	0.92

**Fuente.-** Highway Safety Manual — (1 st Edition)

### **AMF4r - Iluminación**

La condición base por encender es la ausencia de iluminación de segmento de carretera (AMF4r = 1.00). El AMF para los segmentos de la carretera encendidos.

$$AMF_{4r} = 1 - (p_{nr} \times (1 - 0.72 \times p_{inr} - 0.83 \times p_{pnr}))$$

**Donde:**

$AMF_{4r}$  = Factor de modificación de accidente para el efecto de iluminación de carretera del segmento.

$p_{inr}$  = Proporción de accidentes de la noche totales para la carretera del segmento que involucran una fatalidad o lesión. **Ver Tabla 4.10, 4.15 CAPÍTULO IV.**

$p_{pnr}$  = Proporción de accidentes de la noche totales para la carretera del segmento que sólo involucran el daño de propiedad. **Ver Tabla 4.8, 4.13 CAPÍTULO IV.**

$p_{nr}$  = Proporción de accidentes totales para los segmentos de carretera, si eso ocurre por la noche. **Ver Tabla 4.9, 4.13 CAPÍTULO IV.**

$AMF_{4r}$  aplica para sumar los accidentes de segmento de carretera.

#### **AMF5r Sistema automatizada de entrada de velocidad**

Los sistemas de entrada de velocidad automatizados usan video o la identificación fotográfica junto con radar o láseres para descubrir a chóferes. Estos sistemas automáticamente registran vehículos, su identificación de información sin la necesidad de la policía, ni funcionarios a la escena.

La condición para la entrada de velocidad automatizada que cuente, el  $AMF = 0.83$  para la reducción de todos los tipos de fatalidades y lesión producidas por choque por la aplicación de entrada de velocidad automatizada.

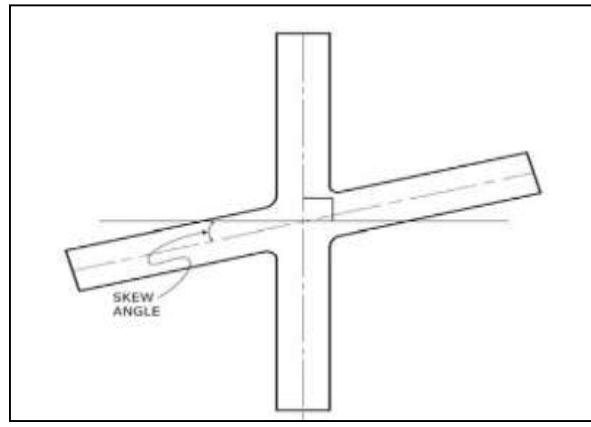
Si ésta no dispone en efecto de la entrada de velocidad automatizada en los accidentes, el valor del  $AMF$  para la entrada de velocidad automatizada sería **1**

#### **3.3.2.2 Para las Intersecciones Urbanas y Suburbanas**

##### **La Modificación del Accidente Factoriza para las Intersecciones**

Los efectos de plan geométrico individual y rasgos de mando de tráfico se representan las intersecciones en los modelos de la estimación por AMFs.  $AMF_{1i}$ . Se aplican  $AMF_{4i}$  a las colisiones del vehículo que choca a las intersecciones, pero no al vehículo-peatón y colisiones del vehículo-bicicleta.

**Figura 3.3.- Intersección**



**Fuente.** - Highway Safety Manual — (1 st Edition)

### **AMF1i - Intersección Izquierdo**

Una condición desfavorable para la intersección cuando se vuelve por la izquierda de sendas es la ausencia de sendas de giro a la izquierda en los acercamientos de la intersección.

Los AMFs para la presencia de sendas del izquierdo-giro son presentados en la **tabla 3.5**.

Estos AMFs aplican a la instalación de sendas del izquierdo-giro en cualquiera de los casos que se acerque a una intersección.

El AMFs para la instalación de izquierdo-giro las sendas en los acercamientos múltiples a una intersección son iguales al AMF correspondiente para la instalación de una senda del izquierdo-giro en un acercamiento, es igual al número de acercamientos con izquierdo-vuelva las sendas.

Si no hay ninguna indicación de cualquier cambio en la frecuencia de accidentes por proporcionar una senda del izquierdo-giro en un acercamiento, controlado por una PARADA firme, para la presencia de una senda del izquierdo-giro en un acercamiento.

Detener-controlado no considerado aplicando, **Tabla 3.5**.

Los AMFs en la **Tabla 3.5** aplican para sumar la intersección donde se producen choques (no incluye el vehículo-peatón y colisiones del vehículo-bicicleta).

Los AMFs para la instalación de sendas del izquierdo-giro están basados en la investigación por el Harwood.

Un **AMF igual a 1.00** siempre se usa cuando no hay izquierdo-vuelta las sendas presentes.

**Tabla 3.5.-** Número de Acercamientos

		El número de acercamientos con izquierdo-vuelta las sendas			
El tipo de la intersección	El mando de tráfico de intersección	1 Acercamiento	2 Acercamiento	3 Acercamiento	4 Acercamiento
La intersección de la tres-pierna	El mando de parada de camino menor	0.67	0.45	---	---
	El semáforo	0.93	0.86	0.8	---
La intersección de la cuatro-pierna	El mando de parada de camino menor	0.73	0.53	---	---
	El semáforo	0.9	0.81	0.73	0.66

**Fuente.** - Highway Safety Manual — (1 st Edition)

### **AMF2i - Intersección Izquierdo Escalonando Señalados**

El AMF para izquierdo-vuelta los escalonando señalados, esté basado en los resultados de trabajo por Hauer, modificado en un estudio por el Lyon.

Los tipos de izquierdo-giro escalonando señalados, consideraron se incluya: permisivo, protegido, el protected/permisive, y permisive/protected.

El funcionamiento de Protected/permisive también es llamado un izquierdo-giro principal la fase señalada, el funcionamiento del permisive/protected también es llamado un izquierdo-giro retrasándose la fase señalada.

Los valores de AMF se presentan en la **tabla 3.6** la condición baja para este AMF es permisivo izquierdo-vuelta los escalonando señalados.

Este AMF aplica para sumar las caídas de la intersección (no incluso el vehículo-peatón y colisiones de la vehículo-bicicleta) y es aplicable sólo a las intersecciones Un valor de AMF de 1.00 siempre se usa para las intersecciones. Si varios acercamientos a una intersección tienen el izquierdo-giro escalonando, en él se multiplican los valores de AMF2i.

**Tabla 3.6.- Tipo de Giro Escalonado Señalado**

<b>Tipo de giro escalonado señalado</b>	<b>AMF<sub>2i</sub></b>
<b>Protegido</b>	1.00
<b>Protegido/Permitido o Permitido/Protegido</b>	0.99
<b>Permitido</b>	0.94

**Fuente.** - Highway Safety Manual — (1 st Edition)

### **AMF3i - Intersección Derecho**

La condición para la intersección derecho-vuelve las sendas que no permite el giro por el derecho de la senda en los acercamientos de la intersección.

El AMFs para la presencia de sendas de la derecha-giro basado en la investigación por el Harwood se presenta en la **tabla 3.7**.

Estos AMFs pueden aplicarse a la instalación de sendas del giro derecho en cualquier acercamiento a una intersección, pero sólo en los acercamientos del mayor-camino de las intersecciones controladas.

El AMFs para la instalación de sendas del giro derecho en los acercamientos múltiples a una intersección es igual al AMF correspondiente para la instalación de una senda del giro derecho en un acercamiento levantado a un igual de poder al número de acercamientos con regreso de la senda derecha.

No hay ninguna indicación de cualquier cambio en la frecuencia de la caída por proporcionar un regreso de la senda derecha en un acercamiento controlado por una señal de la PARADA, para que la presencia de un giro derecho la senda en un acercamiento.

Tener-controlado no es considerada aplicando la **tabla 3.7**

Los AMFs en la tabla aplican para sumar los accidentes de la intersección (no incluyen el vehículo-peatón y colisiones del vehículo-bicicleta).

Un valor de AMF de 1.00 siempre es usado cuando ningún derecho-vuelva las sendas están presentes.



Este AMF sólo aplica para volver la senda derecha, se identifica marcando o firmando. El AMF no es aplicables, las señales luminosas, o pavimento por que pueden usarse informalmente vuelven a la derecha del tráfico.

**Tabla 3.7.-** Número de acercamientos

El tipo de la intersección	Tipo de mando de tráfico	El número de acercamientos con derecho-vuelva las sendas			
		1 Acercamiento	2 Acercamiento	3 Acercamiento	4 Acercamiento
La intersección de la tres-pierna	El mando de parada de camino menor	0.86	0.74	---	---
	El semáforo	0.96	0.92	0.8	---
La intersección de la cuatro-pierna	El mando de parada de camino menor	0.86	0.74	---	---
	El semáforo	0.96	0.92	0.88	0.85

**Fuente.** - Highway Safety Manual — (1 st Edition)

### **AMF<sub>4i</sub> - Giro Correcto en la Red**

El AMF por prohibir el giro correcto en la red encendido o más acercamientos a una intersección señalizado se ha derivado de un estudio por Clark y del AMFs para funcionamiento de volver a la derecha en-rojo.

La condición baja para AMF<sub>4i</sub> está permitiendo un giro incorrecto en absoluto en la red los acercamientos a una intersección señalizado. El AMF es determinado como:

$$AMF_{4i} = 0.98^{(n_{prohib})}$$

Donde,

**AMF<sub>4i</sub>** = Factor de modificación de accidentes a efecto de prohibir el derecho los giros en la red en los accidentes total.

**n<sub>prohib</sub>** = El número de intersección para que el derecho encienda semáforos de la red se prohíbe.

Este AMF aplica para sumar los accidentes de la intersección (no incluso el vehículo-peatón y colisiones del vehículo-bicicleta) y sólo es aplicable a las intersecciones.

### **AMF5i - Encendiendo**

La baja condición por encender es la ausencia de iluminación en la intersección.

$$AMF_{5i} = 1 - 0.38 \times p_{ni}$$

Donde,

**AMF<sub>5i</sub>**= Factor de modificación de accidentes a efecto de intersección encendido en el total de accidentes.

**p<sub>ni</sub>** = Proporción de accidentes totales para las intersecciones que ocurran por la noche.

Este AMF aplica para sumar los accidentes de la intersección (no incluso el vehículo-peatón y colisiones del vehículo-bicicleta). **Ver tabla 4.9, 4.14 CAPÍTULO IV** refleja los valores predefinidos para la noche del **p<sub>ni</sub>** de proporción de accidentes.

### **AMF6i - la Red las Cámaras Ligeras**

La baja condición para las cámaras de luz rojas es su ausencia. El AMF para la instalación de una cámara ligera roja para la entrada, violaciones de la luz roja a una intersección señalizado es basado en una evaluación por el Persaud.

Este estudio indica un AMF para la instalación de cámara de luz roja de **0.74** para las colisiones del ángulo **recto** y un **AMF de 1.18** para las colisiones **del trasero-fin**.

En otros términos, se esperaría las luces rojas de las cámaras ligeras, para reducir las colisiones del ángulo recto y las colisiones de trasero.

No hay ninguna evidencia que la instalación de la cámara ligera roja afecta otros tipos de colisión. Por consiguiente, un AMF para el efecto de cámara de luz roja la instalación en el accidente del total puede computarse con las ecuaciones siguientes:

$$AMF_{6i} = 1 - p_{ra} \times (1 - 0.74) - p_{re} \times (1 - 1.18)$$

**Donde:**

$AMF_{6i}$  = Factor de modificación de accidente para la instalación de luz roja en las cámaras en las intersecciones señalizadas.

$p_{ra}$  = Proporción de caídas que son el múltiple-vehículo, el ángulo recto, las colisiones. **Ver Tabla 4.10, 4.15 CAPÍTULO IV.**

$p_{re}$  = Proporción de caídas que son el múltiple-vehículo, el trasero-fin, las colisiones. **Ver Tabla 4.10, 4.15 CAPÍTULO IV.**

### **3.3.3. Calibración del Módulo de Accidentes**

#### **3.3.3.1. Condiciones Locales Geográficas de la Zona (Cr)**

**LA CALIBRACIÓN DE LOS SPFS PARA LAS CONDICIONES LOCALES DEL MÉTODO ESTIMATIVO;** el modelo predictivo es calibrado para las condiciones locales estatales o geográficas.

Las frecuencias de accidente, aún para segmentos nominalmente similares o intersecciones, pueden ampliamente diferenciarse de una jurisdicción a otro.

Las regiones geográficas difieren notablemente en el clima, población animal, características del conductor, accidentes dando cuenta del umbral, y el accidente a partir de prácticas.

Estas variaciones pueden darse en algunas jurisdicciones experimentando un número diferente de accidentes de tránsito.

Los factores de calibración son incluidos en la metodología para permitir el ajustar de los **SPFs** para hacer juego con condiciones locales reales, la calibración factoriza para segmentos y las intersecciones (definidas como **Cr** y **Ci**, respectivamente).

Los factores de calibración proveen un método de incorporar datos locales para mejorar frecuencias estimadas de accidente para agencias individuales o las posiciones. Varios otros

valores predeterminados usaron en el método predictivo, como la distribución de tipo de colisión; también pueden ser reemplazados con valores localmente derivados.

Las Funciones o factores que ajustan la SPF calculada, a partir de las condiciones base a las condiciones Propuestas

Toma en cuenta la diferencia entre las condiciones base y las condiciones específicas para el sitio en Cuestión

**C = 1.0:** Tiene las mismas condiciones base o el Tratamiento no tiene ningún efecto en la frecuencia esperada de choques

**C < 1.0:** El tratamiento reduce la frecuencia esperada de los choques

**C > 1.0:** El tratamiento aumenta la frecuencia esperada de los choques

### 3.3.3.2. Condiciones Base (N base)

❖ **Para Segmentos entre Intersecciones en Vías Urbanos y Suburbanos**

#### **N brsv Accidentes del solo-vehículo**

$$N_{spfs} = \exp^{(a+b \times \ln(AADT)+LN(L))}$$

**Donde:**

$N_{spf rs}$ =Frecuencia de la caída total por la condiciones base del segmento de la vía.

**AADT**= Tráfico promedio diario anual (vehículos por día).

**L**= Longitud de segmento de la vía (millas).

**a, b** = Coeficientes de la regresión.

❖ **Para Intersecciones Vías Urbanas y Suburbana**

## N brsv Accidentes de colisión de vehículo

$$N_{\text{spf int}} = \exp(a + b \times \ln(AADT_{\text{maj}}) + c \times \ln(AADT_{\text{min}}))$$

**Donde:**

**$N_{\text{spf int}}$**  = Frecuencia de la caída total por la condiciones base del segmento de la vía.

**$AADT_{\text{maj}}$**  = Tráfico promedio diario anual (vehículos por día), para la vía mayor en direcciones del viaje.

**$AADT_{\text{min}}$**  = Tráfico promedio diario anual (vehículos por día), para la vía menor en direcciones del viaje.

**L** = Longitud de segmento de la vía (millas);

**a, b, c** = Coeficientes de la regresión.

## CAPÍTULO IV

### APLICACIÓN PRÁCTICA

#### 4.1. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El sistema para desarrollar este proyecto en la aplicación práctica y calibración del módulo de accidentes es mediante recolección de datos del Organismo Operativo de Transito, cuyos reportes tendrán del año (2009 a 2013).

El área de estudio se encuentra ubicada en toda de la ciudad de Tarija perteneciente a la Provincia Cercado, más concretamente aplicado a toda el Área Urbana y Suburbana.

**FIGURA 4.1.** - Área Urbana Ciudad de Tarija



**Fuente.** - Elaboración Propia - Google Earth



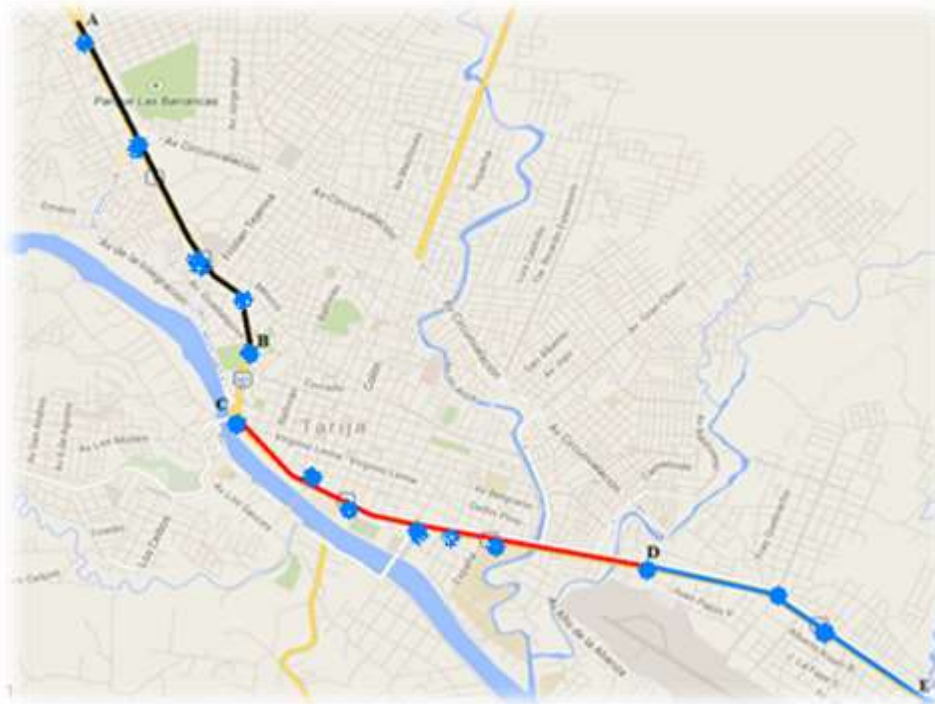
Por lo tanto se tomaron los siguientes tramos:

**Tabla 4.1.** Tramos de Estudio

TRAMO	LUGAR DEL TRAMO DE ESTUDIO
A-B	Rotonda San Mateo a Rotonda Europa (Zoológico)
C-D	Rotonda Verano (Puente San Martín) a Rotonda Tres pasos al Frente (Aeropuerto)
D-E	Rotonda Tres pasos al Frente (Aeropuerto) a Puente el Portillo (San Jorge II Surtidor)
G-F	Calle Avaroa esq. Calle O`Connor a Av. Calle Avaroa esq. Calle Campero
G-H	Calle O`Connor. Esq. Calle Bolívar a Calle O`Connor. esq. Calle Avaroa
H-I	Calle Bolívar. Esq. Calle O`Connor a Calle Bolívar. esq. Calle Ramón Rojas

**Fuente.-** Organismo Operativo de Tránsito

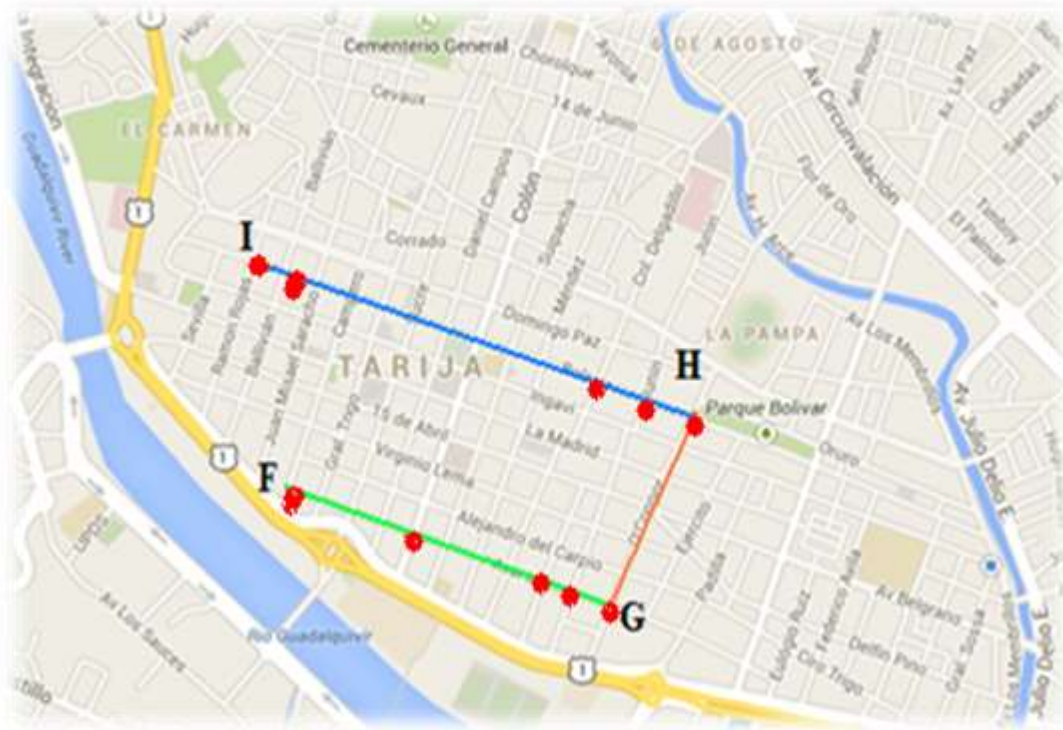
**Figura 4.3.** Tramos de Estudio A-B, C-D, y D-E



**Fuente.-**Elaboración Propia - Google Earth



**Figura 4.4.** Tramos de Estudio F-G, G-H, y H-I



**Fuente.-**Elaboración Propia - Google Earth

#### 4.2.3. Funcionalidad Vial del Tramo en Estudio

**Tramo A-B;** Acceso Norte de la Ciudad de Tarija; Desde la Rotonda de San Mateo hasta la Rotonda Europa, este tramo consta de 3.06 km. En su mayoría de la red, que está 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 la Rotonda de San Mateo hasta la Rotonda Europa 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. **Ver figuras**

**Figura 4.5.** Tramo Inicial A-B



**Fuente.-**Elaboración Propia

**Figura 4.6.** Tramo Final A-B



**Fuente.-**Elaboración Propia

**Tramo C-D;** Tramo central de la Ruta en estudio; Desde la Rotonda Verano hasta la Rotonda Tres Pasos al Frente (**ingreso al aeropuerto**) este tramo consta de 3.64 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 significativamente el volumen de tráfico en este tramo, además de tener este tramo más homogeneidad en su infraestructura.

**Figura 4.7.** Tramo Inicial C-D



**Fuente.-**Elaboración Propia

**Figura 4.8.** Tramo Final C-D



**Fuente.-**Elaboración Propia

**Tramo D-E;** Acceso Sur de la Ciudad de Tarija; Desde el Puente del Portillo hasta la Rotonda Tres Pasos al Frente (**ingreso al aeropuerto**). Este tramo consta de 2.65 km, al igual que el Acceso Norte consideramos este tramo homogéneo, debido a que en esta parte del tramo no se tienen accesos o salidas de gran significancia que pudiese variar el volumen de tráfico que sale de las 3 vías y 6 carriles de los que consta la vía, que desemboca en la carretera al Chaco.

**Figura 4.9.** Tramo Inicial D-E



**Fuente.-**Elaboración Propia

**Figura 4.10.** Tramo Final D-E



**Fuente.-**Elaboración Propia

**Tramo F-G;** Calle Avaroa de Ciudad de Tarija; Desde la Calle O`Connor hasta la Calle Campero, este tramo consta de 0.9 km. Que está formado por 1 vías y 2 carriles y el volumen de tráfico en este tramo no se ha considerado muy variable debido a que desde la Calle O`Connor hasta la Calle Campero podemos considerar el tramo secundario al acceso al centro de la Ciudad, ya que tiene varias intersecciones (por esta red de mayor consideración) hacia la parte central de la ciudad, además de tener este tramo más homogeneidad en su infraestructura. **Ver figuras**

**Figura 4.11.** Tramo Inicial F-G



**Fuente.-**Elaboración Propia

**Figura 4.12.** Tramo Final F-G



**Fuente.-**Elaboración Propia

**Tramo G-H;** Calle O`Connor de Ciudad de Tarija; Desde la Calle Bolívar hasta la Calle Avaroa, este tramo consta de 0.53 km. Que está formado por 1 vías y 2 carriles y el volumen de tráfico en este tramo no se ha considerado muy variable debido a que desde la Calle Bolívar hasta la Calle Avaroa es un tramo secundario al acceso al centro de la Ciudad, ya que tiene varias intersecciones por esta red de mayor consideración hacia la parte de salida a la Av. Víctor paz, además de tener este tramo más homogeneidad en su infraestructura. **Ver figuras**

**Figura 4.13.** Tramo Inicial G-H



**Fuente.-**Elaboración Propia

**Figura 4.14.** Tramo Final G-H



**Fuente.-**Elaboración Propia

**Tramo H-I;** Calle Bolívar de Ciudad de Tarija; Desde la Calle O'Connor hasta la Calle Ramón Rojas, este tramo consta de 1.22 km. Que está formado por 1 vía y 2 carriles y el volumen de tráfico en este tramo no se ha considerado muy variable debido a que desde la Calle O'Connor hasta la Calle Ramón Rojas es un tramo secundario al acceso al centro de la Ciudad, ya que tiene varias intersecciones por esta red de mayor consideración hacia la parte central de la ciudad, además más homogeneidad en su infraestructura. **Ver figuras**

**Figura 4.15.** Tramo Inicial H-I



**Fuente.-**Elaboración Propia

**Figura 4.16.** Tramo Final H-I



**Fuente.-**Elaboración Propia

### 4.2.3.1. Tipos de Vehículos

#### 4.2.3.1.1. Características del Vehículo

La diversidad de vehículos existentes en nuestro país y para tratar de simplificar esta diversidad es que la Administradora Boliviana de Carreteras (A.B.C.) ha clasificado los vehículos del país en 4 grandes grupos, de acuerdo a algunas características sobresalientes.

En base a la clasificación de la ABC se tiene en nuestra área de estudio los siguientes tipos de vehículos:

- **VP** → Vehículos livianos como automóviles, camionetas, vagonetas, minibuses, etc.

**Figura 4.17.** Vehículos Livianos



**Fuente.-**Elaboración Propia

- **CO** → Vehículos comerciales de dos ejes, comprenden a camiones y autobuses comerciales, normalmente de dos ejes y 6 ruedas.



**Figura 4.18.** Vehículos Comerciales de dos Ejes



**Fuente.-**Elaboración Propia

- **O** → Automóviles de mayores dimensiones, y camiones de mayores dimensiones. Los autobuses empleados generalmente para viajes de largas distancias y turismo. Estos vehículos son de mayor longitud que las **CO** y pueden contar con 3 ejes.

**Figura 4.19.** Automóviles de Mayores Dimensiones



**Fuente.-**Elaboración Propia.

- **SR** → Vehículo comercial articulado, compuesto normalmente de una unidad tractora y un semi – remolque o remolque de 2 ejes o más.

**Figura 4.20.** Vehículo Comercial Articulado



**Fuente.-**Elaboración Propia

### **4.3.RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN PARA LA CALIBRACIÓN DEL MÓDULO DE ACCIDENTE**

#### **4.3.1. Datos de Volúmenes de Tráfico Vehicular**

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

#### **Volumen de TMD - Tramo A-B.**

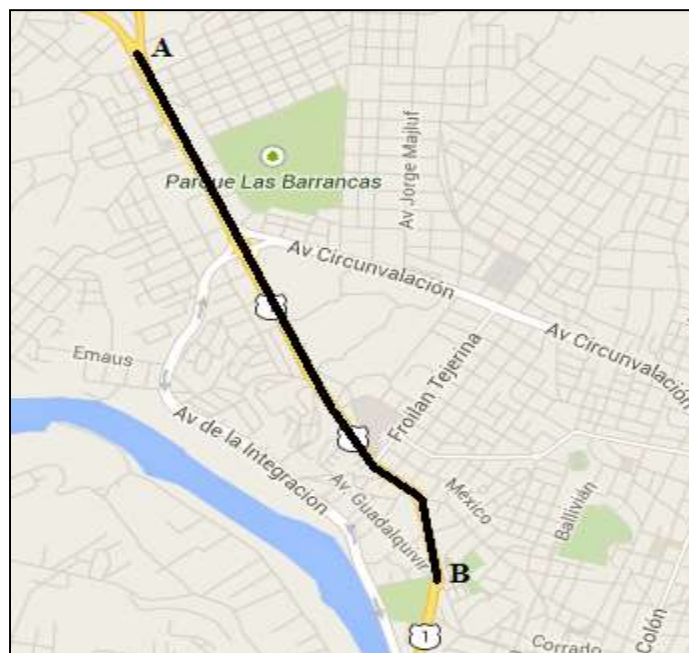
Tramo A-B, desde la **Rotonda San Mateo hasta la Rotonda Europa (Zoológico)** el cual se considera con poca variación de tráfico a lo largo del tramo por lo que se trabajó con la medición de aforos en un sólo punto para todo el tramo, (**punto de aforo: Parada del Norte**) de donde se tiene el tráfico medio diario por vía y el total de las 2 vías el cual utilizará como dato en las metodologías de identificación de TMD mostrado en la **Tabla N° 4.2.**

**Tabla 4.2.** Volumen de TMD - Tramo A-B

Tráfico Medio Diario (veh/día)		
Acceso al Norte		
Av. Izquierda (Parada el Norte)	Av. Derecha	Volumen Promedio
4345	4608	4477
Acceso de Giros en las Intersecciones		
1304	1382	1343

**Fuente.-**Tesis de Grado de la Carrera de Ing. Civil

**Figura 4.21.** Tramo A-B



**Fuente.-**Elaboración Propia

**Volumen de TMD - Tramo C-D.**

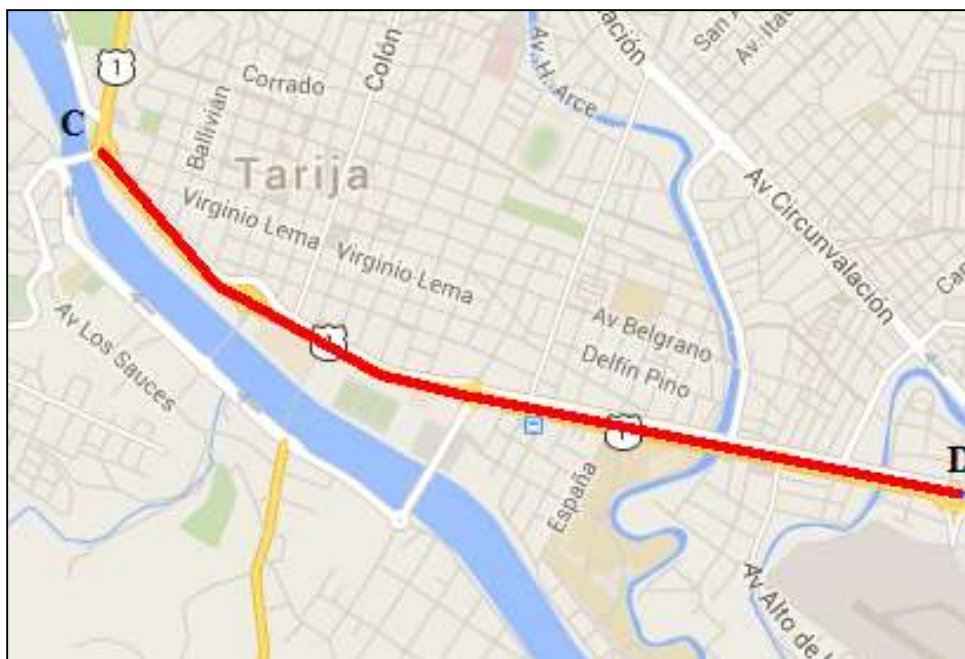
Tramo C-D, desde la **Rotonda Verano (puente San Martín) hasta la Rotonda Tres Pasos al Frente (ingreso al aeropuerto)** considerado con poca variación de tráfico a lo largo del tramo por lo que se trabajó con la medición de aforos en un solo punto para todo el tramo, (**punto de aforo: Colegio Liceo Tarija**) donde se tiene el siguiente volumen mostrado en la **Tabla N° 4.3**

**Tabla 4.3.** Volumen de TMD - Tramo C-D

Trafico Medio Diario (veh/dia)			Tramo Central
Av. Izquierda (Complejo Garcia)	Av. Central	Av.derecha (Colegio )	Volumen Promedio
6381	6129	5962	6157
Acceso de Giros en las Intersecciones			
1914	1839	1789	1847

**Fuente.-**Tesis de Grado de la Carrera de Ing. Civil

**Figura 4.22.** Tramo C-D



**Fuente.-**Elaboración Propia

#### Volumen de TMD - Tramo D-E.

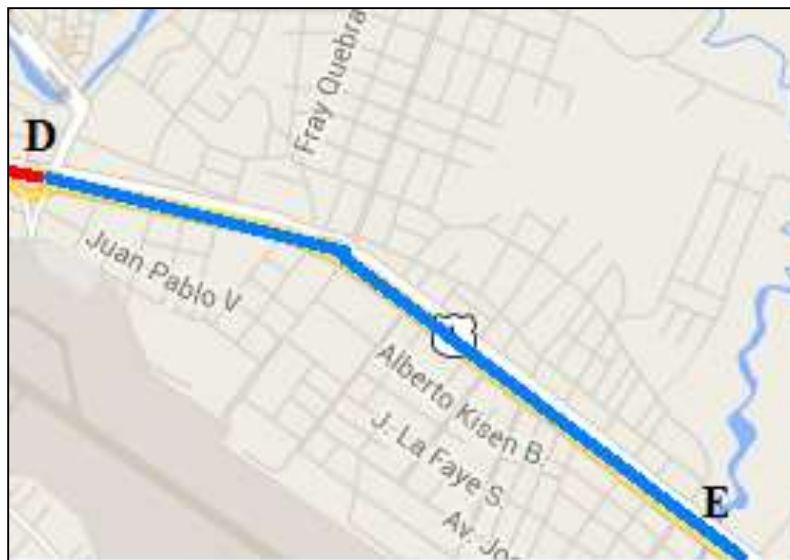
Tramo D-E, desde la **Rotonda Tres Pasos al Frente (ingreso al aeropuerto) hasta la Tranca el Portillo**, al igual que los anteriores tramos también considerado con poca variación de tráfico a lo largo del tramo por lo que se trabajó con la medición de aforos en un solo punto para todo el tramo, (**punto de aforo: Puente Torrecillas**) de donde se tiene el siguiente volumen mostrado en la **Tabla N° 4.4**

**Tabla 4.4.** Volumen de TMD - Tramo D-E

Trafico Medio Diario (veh/dia)			Acceso Sur
Av. Izquierda (Gasolineria)	Av. Central	Av.derecha (Mercado del Sur)	Volumen Promedio
5807	5577	5425	5603
Acceso de Giros en las Intersecciones			
1742	1673	1628	1681

**Fuente.-**Tesis de Grado de la Carrera de Ing. Civil

**Figura 4.23.** Tramo D-E



**Fuente.-**Elaboración Propia

**Volumen de TMD - Tramo F-G.**

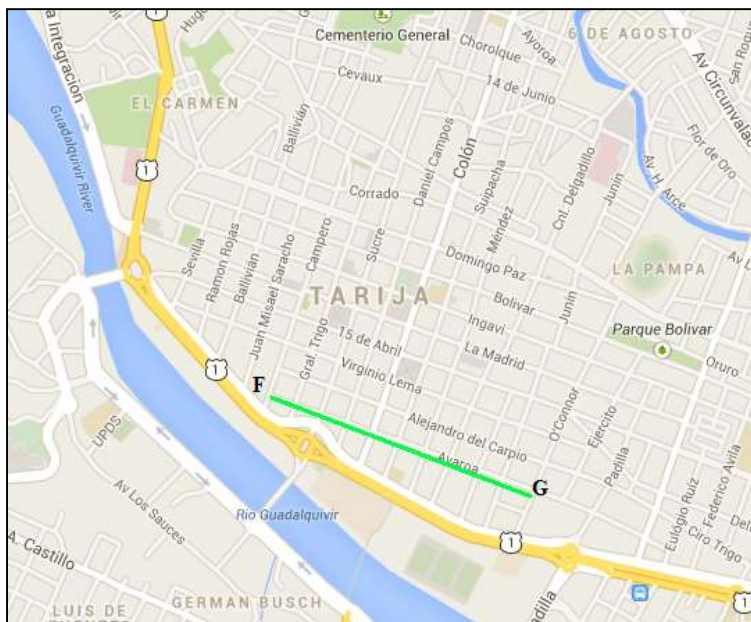
Tramo F-G. Calle Avaroa desde la **Calle O`Connor hasta la Calle Campero** el cual se considera con poca variación de tráfico a lo largo del tramo por lo que se trabajó con la medición de aforos en un solo punto para todo el tramo, (**punto de aforo: Calle Avaroa esq. Colón**) de donde se tiene el tráfico medio diario por vía y el total de la vías el cual utilizará como dato en las metodologías de identificación de TMD mostrado en la **Tabla N° 4.5.**

**Tabla 4.5.** Volumen de TMD - Tramo F-G

Trafico Medio Diario (veh/dia)
Volumen Total Calle Avaroa
3600
Acceso de Giros en las Intersecciones
1080

**Fuente.-**Tesis de Grado de la Carrera de Ing. Civil

**Figura 4.24.** Tramo F-G



**Fuente.-**Elaboración Propia

**Volumen de TMD - Tramo G-H.**

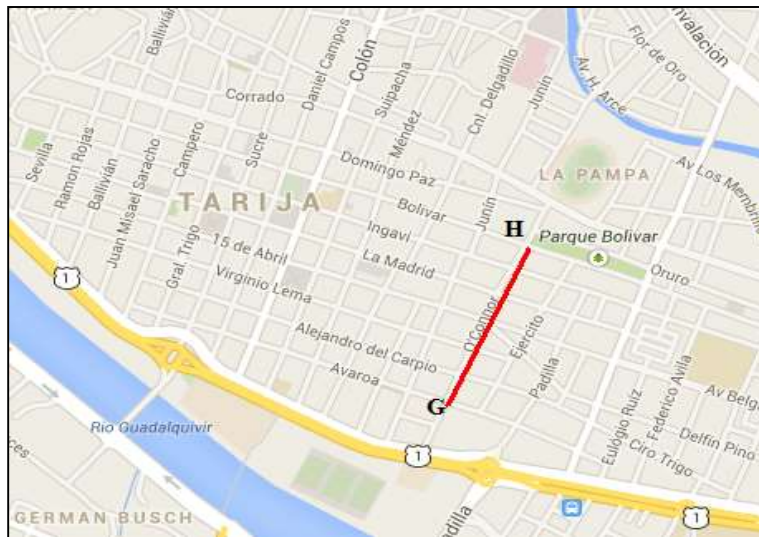
Tramo G-H. Calle O'Connor desde la **Calle Bolívar hasta la Calle Avaroa** el cual se considera con poca variación de tráfico a lo largo del tramo por lo que se trabajó con la medición de aforos en un solo punto para todo el tramo, (**punto de aforo: Calle O'Connor esq. Madrid**) de donde se tiene el tráfico medio diario por vía y el total de la vías el cual utilizará como dato en las metodologías de identificación de TMD mostrado en la **Tabla N° 4.6.**

**Tabla 4.6.** Volumen de TMD - Tramo G-H

Trafico Medio Diario (veh/dia)
Volumen Total Calle O`conor
4560
Acceso de Giros en las Intersecciones
1368

**Fuente.-**Tesis de Grado de la Carrera de Ing. Civil

**Figura 4.25.** Tramo G-H



**Fuente.-**Elaboración Propia

### **Volumen de TMD - Tramo H-I.**

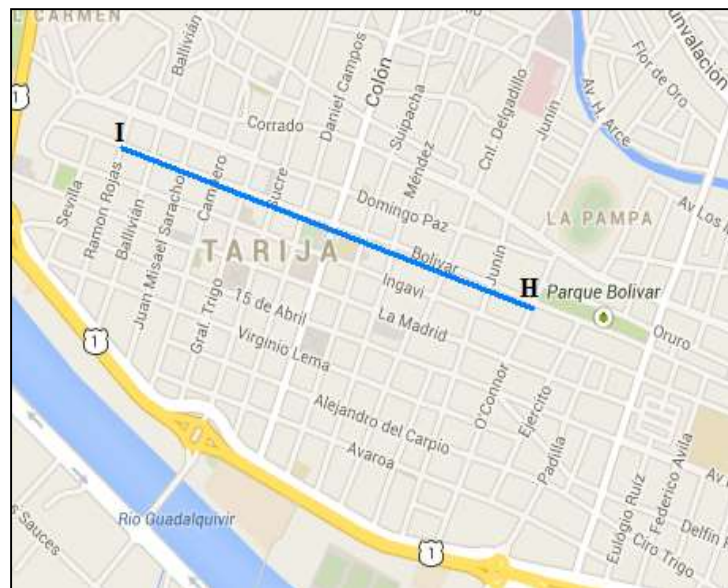
Tramo H-I. Calle Bolívar desde la **Calle O`Connor hasta la Calle Ramón Rojas** el cual se considera con poca variación de tráfico a lo largo del tramo por lo que se trabajó con la medición de aforos en un solo punto para todo el tramo, (**punto de aforo Calle Bolívar esq. Daniel Campos**) de donde se tiene el tráfico medio diario por vía y el total de la vías el cual utilizará como dato en las metodologías de identificación de TMD ver en la **Tabla N° 4.7.**

**Tabla 4.7.** Volumen de TMD - Tramo H-I

Trafico Medio Diario (veh/dia)
Volumen Total Calle Bolivar
5520
Acceso de Giros en las Intersecciones
1656

**Fuente.-**Tesis de Grado de la Carrera de Ing. Civil

**Figura 4.26.** Tramo H-I



**Fuente.-**Elaboración Propia

#### 4.3.2. Reportes Oficiales de Accidente (Organismo Operativo de Tránsito)

Esta etapa de recopilación de registro de accidentes está destinada a construir una base de datos de accidentes de tránsito (Microsoft Excel) (**Ver Anexo I**), 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 según su dirección para facilitar posteriores cálculos, 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)

#### **4.3.2.1. Análisis Estadístico de los Accidente de Tránsito.**

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

Para este estudio se recabaron en total 2317 accidentes en el periodo de 5 años, los cuales, por motivo de estudio y aplicación práctica se dividieron por tramos resultando una cantidad de 394 accidentes en el Acceso Norte (tramo A-B), 850 accidentes en parte céntrica en el Tramo(C-D),304 accidentes en el Acceso Sur (tramo D-E),228 Accidentes en la Calle Avaroa en el tramo (F-G),275 Accidentes en la Calle O'Connor en el tramo (G-H), y 266 Accidentes en la Calle Bolívar en el tramo (H-I).

Además de la división por tramos para el análisis y la evaluación del estudio se realizó el análisis de accidente según el daños de materiales, horario del accidente, por tipo de colisión el lugar del accidente para cada tramos en estudio para mayor entendimiento de análisis ver las siguientes Tablas según tramos.

##### **4.3.2.1.1. Análisis para Tres Tramos A-B, C-D, y D-E**

###### **Según daños materiales del Accidente**

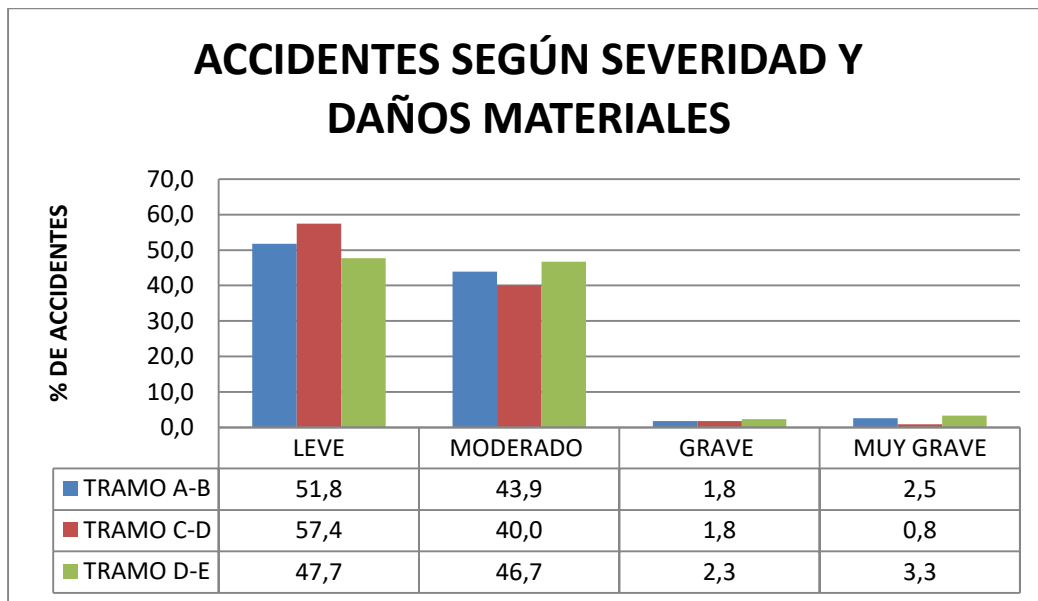
Del análisis estadístico realizado, se observa los siguientes porcentajes de las causas primarias y daños materiales de los accidentes de tránsito ocurrido en el tramo estudiado.

**Tabla 4.8.** Accidentes Según Severidad y Daños Materiales A-B, C-D, y D-E

ACCIDENTE SEGÚN SEVERIDAD Y DAÑOS MATERIALES									
Descripción	Tramo A-B			Tramo C-D			Tramo D-E		
LEVE	204	51,8	%	488	57,4	%	145	47,7	%
MODERADO	173	43,9	%	340	40,0	%	142	46,7	%
GRAVE	7	1,8	%	15	1,8	%	7	2,3	%
MUY GRAVE	10	2,5	%	7	0,8	%	10	3,3	%
TOTAL	394	100,0	%	850	100,0	%	304	100,0	%

**Fuente.-**Elaboración Propia

**Figura 4.27.** Accidentes Según Severidad y Daños Materiales A-B, C-D, y D-E



**Fuente.-**Elaboración Propia

### Horario de Ocurrencia del Accidente

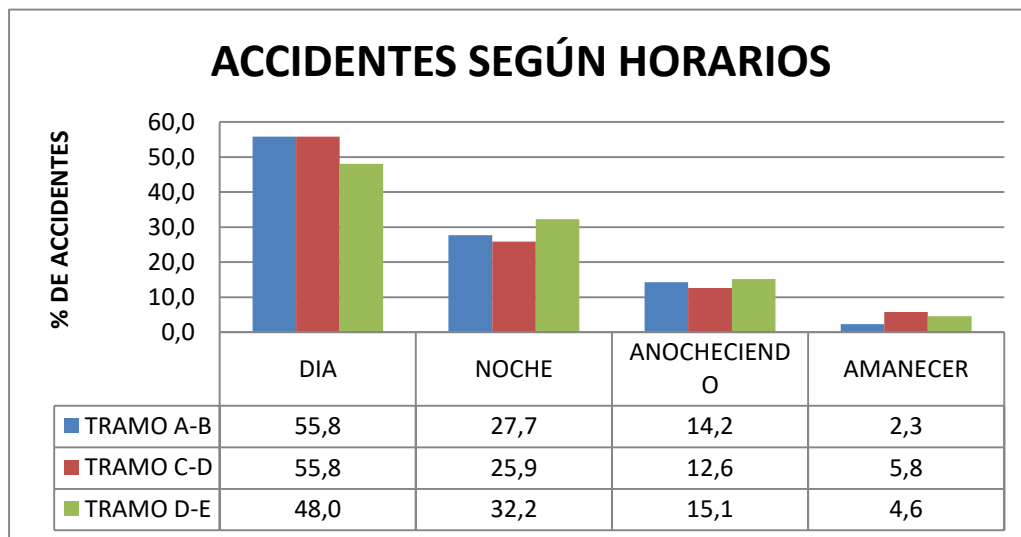
Del análisis estadístico realizado, se observan los siguientes porcentajes de ocurrencia de accidentes según el horario del acontecimiento del accidente de tránsito ocurrido en el tramo.

**Tabla 4.9.** Accidentes Según Horarios A-B, C-D, y D-E

ACCIDENTE SEGÚN HORARIO PARA LOS 5 AÑOS DE ESTUDIO									
Descripción	Tramo A-B			Tramo C-D			Tramo D-E		
DIA	220	55,8	%	474	55,8	%	146	48,0	%
NOCHE	109	27,7	%	220	25,9	%	98	32,2	%
ANOCHECIENDO	56	14,2	%	107	12,6	%	46	15,1	%
AMANECER	9	2,3	%	49	5,8	%	14	4,6	%
TOTAL	394	100,0	%	850	100,0	%	304	100,0	%

**Fuente.-**Elaboración Propia

**Figura 4.28.** Accidentes Según Horarios A-B, C-D, y D-E



**Fuente.-**Elaboración Propia

### Tipo de Colisión

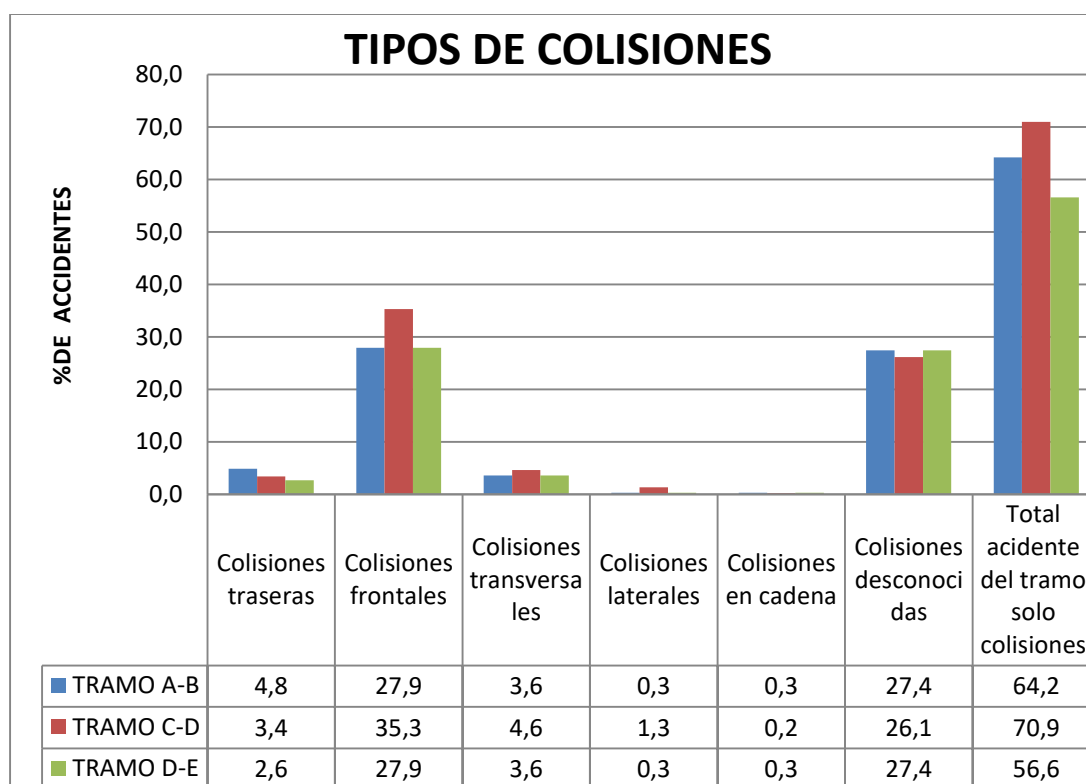
Del análisis estadístico realizado, se observa los siguientes porcentajes del tipo de colisión de accidente de tránsito con choque a vehículos ocurrido en el tramo estudiado.

**Tabla 4.10.** Accidentes Según Colisiones A-B, C-D, y D-E

TIPO DE COLISIÓN PARA LOS 5 AÑOS DE ESTUDIO									
Descripción	Tramo A-B			Tramo C-D			Tramo D-E		
	Colisiones traseras	19	4,8	%	29	3,4	%	8	2,6
Colisiones frontales	110	27,9	%	300	35,3	%	74	27,9	%
Colisiones transversales	14	3,6	%	39	4,6	%	4	3,6	%
Colisiones laterales	1	0,3	%	11	1,3	%	6	0,3	%
Colisiones en cadena	1	0,3	%	2	0,2	%	1	0,3	%
Colisiones desconocidas	108	27,4	%	222	26,1	%	79	27,4	%
Total accidente del tramo solo colisiones	253	64,2	%	603	70,9	%	172	56,6	%
Total accidente del tramo en general	394	100,0	%	850	100,0	%	304	100,0	%

Fuente.-Elaboración Propia

**Figura 4.29.** Accidentes Según Colisiones A-B, C-D, y D-E



Fuente.-Elaboración Propia

### Localización del Accidente

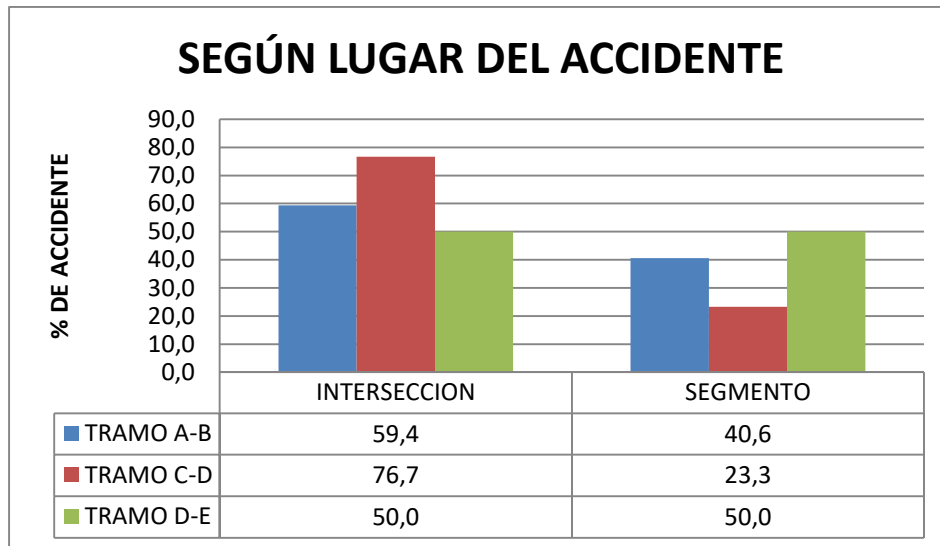
Del análisis estadístico realizado, se observa los siguientes porcentajes de la locación (intersección, no intersección) del accidente de tránsito ocurrido en el tramo estudiado.

**Tabla 4.11.** Accidentes Según el Lugar A-B, C-D, y D-E

SEGÚN EL LUGAR DEL ACCIDENTE							
TRAMO A-B	2009	2010	2011	2012	2013	TOTAL	%
INTERSECCIÓN	18	54	59	74	29	234	59,4
SEGMENTO	14	44	45	41	16	160	40,6
TOTAL	32	98	104	115	45	394	100,0
TRAMO C-D	2009	2010	2011	2012	2013	TOTAL	%
INTERSECCIÓN	47	169	180	131	125	652	76,7
SEGMENTO	28	28	46	53	43	198	23,3
TOTAL	75	197	226	184	168	850	100,0
TRAMO D-E	2009	2010	2011	2012	2013	TOTAL	%
INTERSECCIÓN	15	30	41	42	24	152	50,0
SEGMENTO	18	31	47	37	19	152	50,0
TOTAL	33	61	88	79	43	304	100,0

Fuente.-Elaboración Propia

**Figura 4.30.** Accidentes Según el Lugar A-B, C-D, y D-E



Fuente.-Elaboración Propia

### Tipos de Accidente

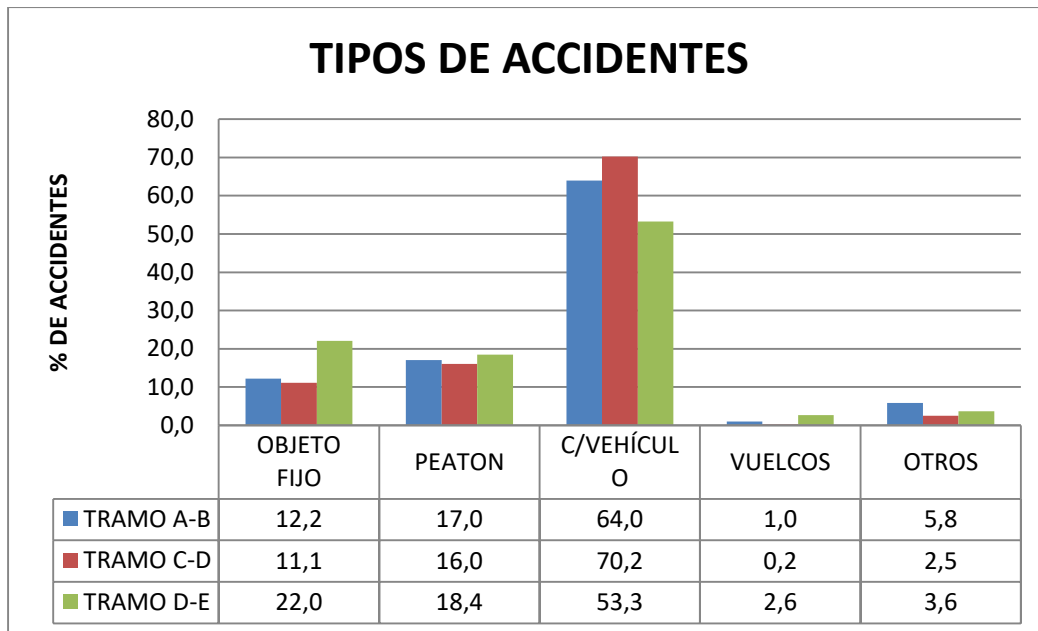
Del análisis estadístico realizado, se observan los siguientes porcentajes de los tipos de accidente de tránsito ocurrido en el tramo estudiado.

**Tabla 4.12.** Tipos de Accidentes A-B, C-D, y D-E

TIPOS DE ACCIDENTE									
Descripción	Tramo A-B			Tramo C-D			Tramo D-E		
OBJETO FIJO	48	12,2	%	94	11,1	%	67	22,0	%
PEATON	67	17,0	%	136	16,0	%	56	18,4	%
C/VEHÍCULO	252	64,0	%	597	70,2	%	162	53,3	%
VUELCOS	4	1,0	%	2	0,2	%	8	2,6	%
OTROS	23	5,8	%	21	2,5	%	11	3,6	%
TOTAL	394	100,0	%	850	100,0	%	304	100,0	%

**Fuente.-**Elaboración Propia

**Figura 4.31.** Tipos de Accidentes A-B, C-D, y D-E



**Fuente.-**Elaboración Propia

#### 4.3.2.1.2. Análisis para Tres Tramos F-G, G-H, y H-I

##### Según daños materiales del Accidente

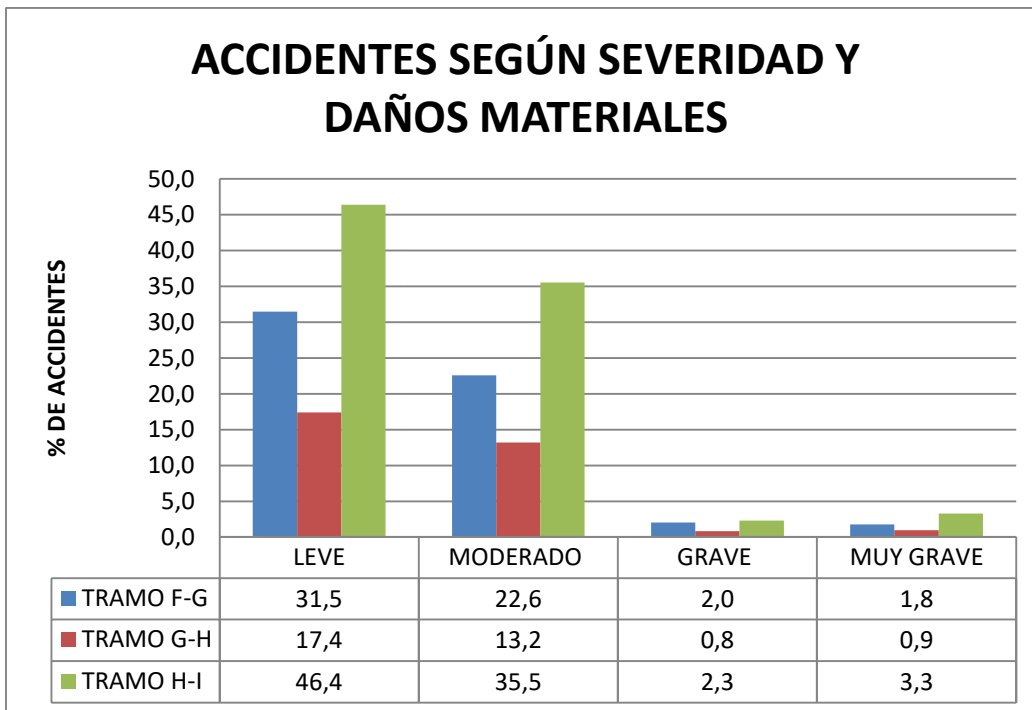
Del análisis estadístico realizado, se observan los siguientes porcentajes de las causas primarias y daños materiales de los accidentes de tránsito ocurrido en el tramo estudiado.

**Tabla 4.13.** Accidentes Según Severidad y Daños Materiales **F-G, G-H, y H-I**

ACCIDENTE SEGÚN SEVERIDAD Y DAÑOS MATERIALES									
Descripción	Tramo F-G			Tramo G-H			Tramo H-I		
	LEVE	124	31,5	%	148	17,4	%	141	46,4
MODERADO	89	22,6	%	112	13,2	%	108	35,5	%
GRAVE	8	2,0	%	7	0,8	%	7	2,3	%
MUY GRAVE	7	1,8	%	8	0,9	%	10	3,3	%
TOTAL	228	57,9	%	275	32,4	%	266	87,5	%

**Fuente.-**Elaboración Propia

**Figura 4.32.** Accidentes Según Severidad y Daños Materiales **F-G, G-H, y H-I**



**Fuente.-**Elaboración Propia

### Horario de Ocurrencia del Accidente

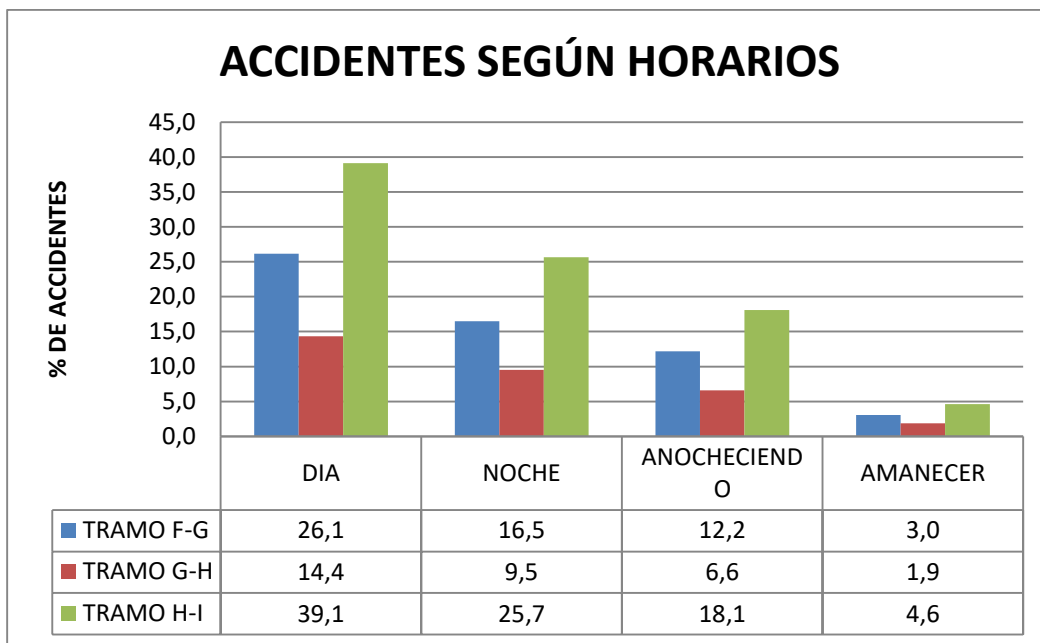
Del análisis estadístico realizado, se observan los siguientes porcentajes de ocurrencia de accidentes según el horario del acontecimiento del accidente de tránsito ocurrido en el tramo.

**Tabla 4.14.** Accidentes Según Horarios **F-G, G-H, y H-I**

ACCIDENTE SEGÚN HORARIO PARA LOS 5 AÑOS DE ESTUDIO									
Descripción	Tramo F-G			Tramo G-H			Tramo H-I		
DIA	103	26,1	%	122	14,4	%	119	39,1	%
NOCHE	65	16,5	%	81	9,5	%	78	25,7	%
ANOCHECIENDO	48	12,2	%	56	6,6	%	55	18,1	%
AMANECER	12	3,0	%	16	1,9	%	14	4,6	%
TOTAL	228	57,9	%	275	32,4	%	266	87,5	%

**Fuente.-**Elaboración Propia

**Figura 4.33.** Accidentes Según Horarios **F-G, G-H, y H-I**



**Fuente.-**Elaboración Propia

### Tipo de Colisión

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

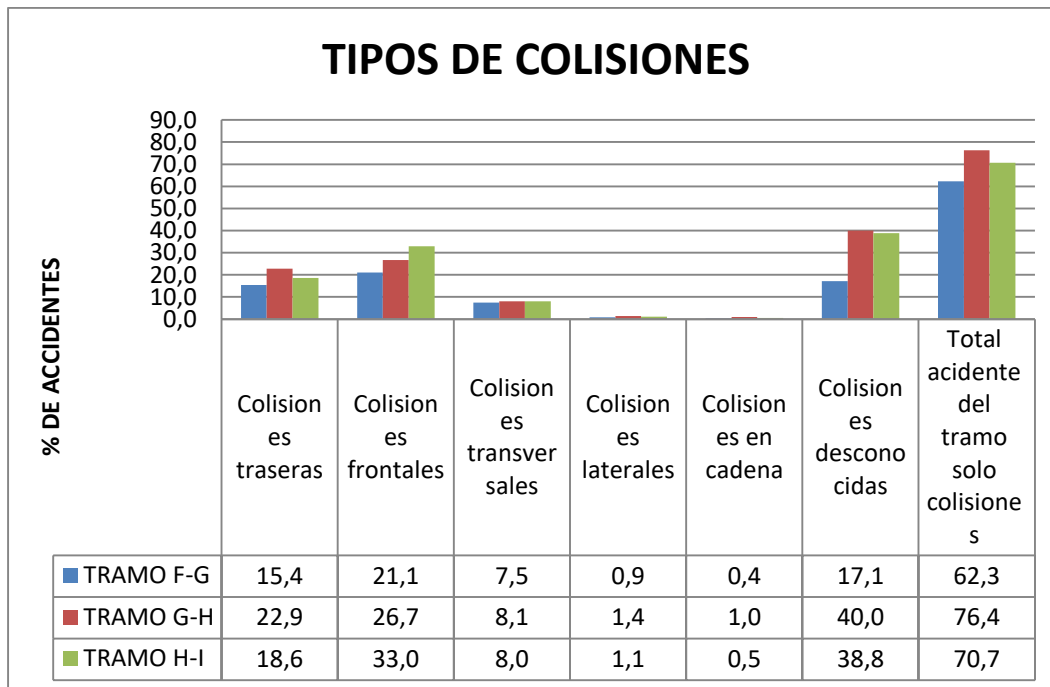


**Tabla 4.15.** Accidentes Según Colisiones F-G, G-H, y H-I

TIPO DE COLISIÓN PARA LOS 5 AÑOS DE ESTUDIO									
Descripción	Tramo F-G			Tramo G-H			Tramo H-I		
Colisiones traseras	35	15,4	%	48	22,9	%	35	18,6	%
Colisiones frontales	48	21,1	%	56	26,7	%	62	33,0	%
Colisiones transversales	17	7,5	%	17	8,1	%	15	8,0	%
Colisiones laterales	2	0,9	%	3	1,4	%	2	1,1	%
Colisiones en cadena	1	0,4	%	2	1,0	%	1	0,5	%
Colisiones desconocidas	39	17,1	%	84	40,0	%	73	38,8	%
Total accidente del tramo solo colisiones	142	62,3	%	210	76,4	%	188	70,7	%
Total accidente del tramo en general	228	100,0	%	275	100,0	%	266	100,0	%

**Fuente.-**Elaboración Propia

**Figura 4.34.** Accidentes Según Colisiones F-G, G-H, y H-I



**Fuente.-**Elaboración Propia

### Localización del Accidente

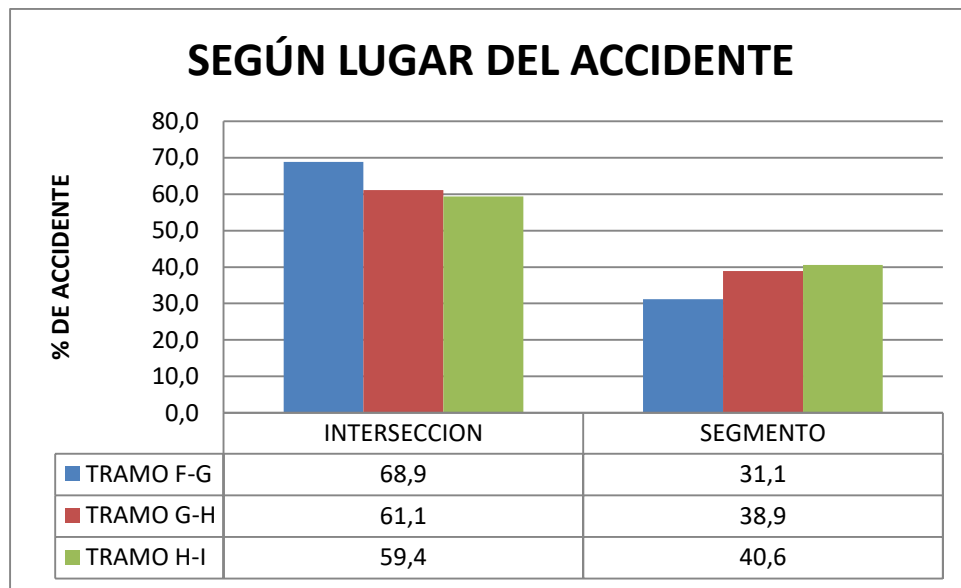
Del análisis estadístico realizado, se observan los siguientes porcentajes de la locación (intersección, no intersección) del accidente de tránsito ocurrido en el tramo estudiado.

**Tabla 4.16.** Accidentes Según el Lugar **F-G, G-H, y H-I**

SEGÚN EL LUGAR DEL ACCIDENTE							
TRAMO F-G	2009	2010	2011	2012	2013	TOTAL	%
INTERSECCIÓN	34	32	28	32	31	157	68,9
SEGMENTO	12	15	17	12	15	71	31,1
TOTAL	46	47	45	44	46	228	100,0
TRAMO G-H	2009	2010	2011	2012	2013	TOTAL	%
INTERSECCIÓN	41	30	36	32	29	168	61,1
SEGMENTO	12	24	23	22	26	107	38,9
TOTAL	53	54	59	54	55	275	100,0
TRAMO H-I	2009	2010	2011	2012	2013	TOTAL	%
INTERSECCIÓN	33	31	32	28	34	158	59,4
SEGMENTO	18	22	23	24	21	108	40,6
TOTAL	51	53	55	52	55	266	100,0

**Fuente.-**Elaboración Propia

**Figura 4.35.** Accidentes Según el Lugar **F-G, G-H, y H-I**



**Fuente.-**Elaboración Propia

### Tipos de Accidente

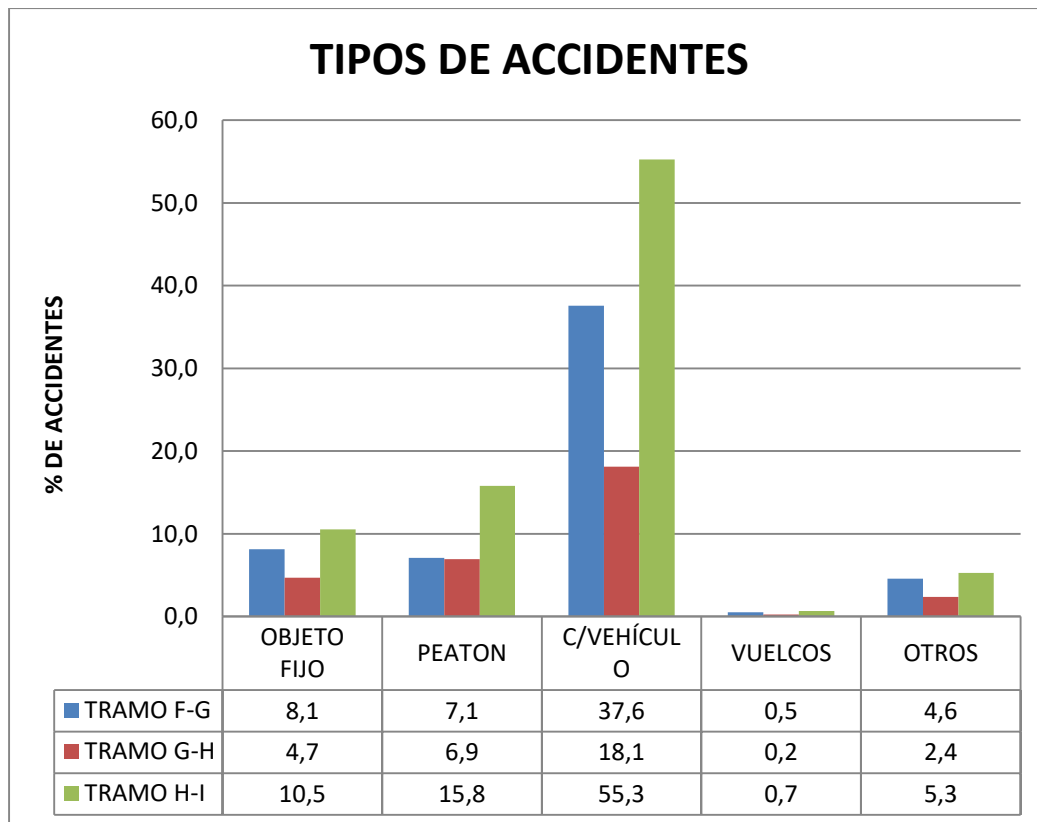
Del análisis estadístico realizado, se observan los siguientes porcentajes de los tipos de accidente de tránsito ocurrido en el tramo estudiado.

**Tabla 4.17. Tipos de Accidente F-G, G-H, y H-I**

TIPOS DE ACCIDENTE									
Descripción	Tramo F-G			Tramo G-H			Tramo H-I		
OBJETO FIJO	32	8,1	%	40	4,7	%	32	10,5	%
PEATON	28	7,1	%	59	6,9	%	48	15,8	%
C/VEHÍCULO	148	37,6	%	154	18,1	%	168	55,3	%
VUELCOS	2	0,5	%	2	0,2	%	2	0,7	%
OTROS	18	4,6	%	20	2,4	%	16	5,3	%
TOTAL	228	57,9	%	275	32,4	%	266	87,5	%

**Fuente.-**Elaboración Propia

**Figura 4.36. Tipos de Accidentes F-G, G-H, y H-I**



**Fuente.-**Elaboración Propia

#### **4.4. CALIBRACIÓN DE MÓDULO DE ACCIDENTE PARA EL ÁREA DE ESTUDIO**

##### **4.4.1. Proceso y Análisis para la Calibración del Módulo de Accidente a Condiciones Base para Segmento y Intersecciones (SPFs)**

Para el presente trabajo no se toman en cuenta los accidentes de peatones y bicicletas, sólo se tomó como referencia los datos de accidentes de vehículos de 5 años de observación de (2009 a 2013), del ORGANISMO OPERATIVO DE TRÁNSITO para cada tramo en estudio, para la calibración de los módulos, de la ecuación se tuvo que depurar algunos valores que se dará en planillas con rojo los depurados para la obtención del módulo de accidente.

También era necesario el análisis estadístico de los reportes de accidente para la obtención de número de accidentes en los segmentos e intersecciones de cada tramo, porcentajes de acuerdo a la severidad, daños materiales, accidentes por la noche, etc.

##### **4.4.1.1. Calibración del Módulo de Frecuencia Media de Accidentes (SPF) para Segmentos.**

Para la realización de la calibración del (SPFs) se tomó en cuenta los reportes de accidentes de tránsito de 5 años de observación del año (2009 a 2013), y la función que cumple la vía urbana si ésta es de ida y vuelta (2U) o sólo de ida (U), y se analizó la cantidad de accidentes por año que se cuenta cada tramo, tomando en cuenta el segmento entre intersecciones.

##### **4.4.1.1.1. Calibración de Dos Sentidos (2U)**

Para esta calibración se tomó en cuenta la ecuación del manual que es exponencial lineal logarítmica, por lo tanto se tomó en cuenta los datos de cada tramo que contiene 5 puntos cada uno para un estudio de 5 años de observación de accidentes y de tráfico promedio diario, mediante el método de **mínimos cuadrado** se realizó la obtención de las constantes de la regresión, siguientes del **Nspfs**, teniendo como datos el número de accidentes de tránsito, tráfico promedio diario y la longitud del tramo en estudio con lo que se tiene 15 datos para la calibración del gráfica y ecuación y su ajuste al muestro medio.

$$N_{spf_s} = \exp^{(a+b \times \ln(AADT) + \ln(L))}$$

Aplicando el método mínimos cuadrados para obtención de las constantes (**a**, **b**) y su correlación de datos.

$$\ln(N_{spf_s}) = \ln(\exp^{(a+b \times \ln(AADT) + \ln(L))})$$

$$\ln(N_{spf_s}) = a + b * \ln(AADT) + \ln(L)$$

$$\ln(N_{SPF_S}) = Y$$

$$\ln(AADT) = X$$

$$\ln(L) = Co$$

$$Y = a + b * X + Co$$

$$S = \sum_{i=1}^n ei^2 = \sum_{i=1}^n (Y - a - b * X - Co)^2$$

$$\frac{dS}{da} = \sum_{i=1}^n (Y - a - b * X - Co)^2$$

$$\frac{dS}{db} = \sum_{i=1}^n (Y - a - b * X - Co)^2$$

$$\sum Y = aN + b \sum x + \sum Co \quad Ec.I$$

$$\sum Y x = a \sum x + b \sum x^2 + \sum Co x \quad Ec.II$$

$$\sum Y - \sum Co = aN + b \sum x \quad Ec.I$$

$$\sum Y x - \sum Co x = a \sum x + b \sum x^2 \quad Ec.II$$

**Tabla 4.18.** Calibración de dos sentidos en segmento (2U)

Nº	AADT(veh/día)	ACCIT (acc/año)	L (millas)	x	y	Co	x2	x Co	xy
				ln(x)	ln(y)	ln(Co)	ln(x^2)	ln(x)*ln(Co)	ln(x)*ln(y)
1	2945	14	1,65	7,99	2,64	0,50	63,81	4,00	21,08
2	3257	16	1,65	8,09	2,77	0,50	65,42	4,05	22,43
3	3514	18	1,65	8,16	2,89	0,50	66,66	4,09	23,60
4	3686	19	1,65	8,21	2,94	0,50	67,44	4,11	24,18
5	4018	28	1,65	8,30	3,33	0,50	68,87	4,16	27,65
6	4050	28	1,9	8,31	3,33	0,64	69,00	5,33	27,68
7	4076	31	1,9	8,31	3,43	0,64	69,10	5,34	28,55
8	4398	37	1,9	8,39	3,61	0,64	70,38	5,38	30,29
9	4477	41	1,9	8,41	3,71	0,64	70,67	5,40	31,22
10	4479	43	1,9	8,41	3,76	0,64	70,68	5,40	31,62
11	4833	44	2,26	8,48	3,78	0,82	71,97	6,92	32,10
12	5028	45	2,26	8,52	3,81	0,82	72,64	6,95	32,44
13	5526	46	2,26	8,62	3,83	0,82	74,25	7,03	32,99
14	5603	47	2,26	8,63	3,85	0,82	74,50	7,04	33,23
15	6157	53	2,26	8,73	3,97	0,82	76,13	7,11	34,64
SUMA TOTAL				125,55	51,67	9,79	1051,5	82,30	433,71
MEDIA				8,4	3,4	0,7			

N= 15

Nº	AADT(veh/día)	ACCIT (acc/año)	L (millas)	Co y	y^2	Y est	(x-X)(y-Y)	(x-X)^2	(y-Y)^2	(Y est -Y)^2	(Y est -Y)^2-S	% DE DESV
				ln(Co)*ln(x)	ln(y^2)	ln(Yest)						
1	2945	14	1,65	1,32	0,25	2,74	0,308	0,146	0,649	0,491	0,011	3,86
2	3257	16	1,65	1,39	0,25	2,89	0,189	0,079	0,452	0,310	0,013	4,70
3	3514	18	1,65	1,45	0,25	3,00	0,114	0,042	0,307	0,200	0,012	4,04
4	3686	19	1,65	1,47	0,25	3,07	0,079	0,025	0,250	0,143	0,015	5,19
5	4018	28	1,65	1,67	0,25	3,19	0,008	0,005	0,013	0,065	0,020	7,12
6	4050	28	1,9	2,14	0,41	3,34	0,007	0,004	0,013	0,010	0,000	0,04
7	4076	31	1,9	2,20	0,41	3,35	0,001	0,003	0,000	0,009	0,007	2,40
8	4398	37	1,9	2,32	0,41	3,46	0,003	0,000	0,028	0,000	0,023	7,92
9	4477	41	1,9	2,38	0,41	3,49	0,010	0,001	0,072	0,002	0,052	18,15
10	4479	43	1,9	2,41	0,41	3,49	0,012	0,001	0,100	0,002	0,075	26,45
11	4833	44	2,26	3,09	0,66	3,77	0,038	0,013	0,115	0,106	0,000	0,07
12	5028	45	2,26	3,10	0,66	3,83	0,055	0,023	0,131	0,146	0,000	0,14
13	5526	46	2,26	3,12	0,66	3,96	0,095	0,061	0,147	0,267	0,018	6,24
14	5603	47	2,26	3,14	0,66	3,98	0,106	0,068	0,164	0,289	0,017	6,10
15	6157	53	2,26	3,24	0,66	4,12	0,187	0,126	0,276	0,452	0,022	7,59
SUMA TOTAL				34,45	6,64	51,67	1,21	0,60	2,72	2,49	0,28	100

**Fuente.-**Elaboración Propia

Una vez aplicado el método de mínimos cuadrados se obtiene dos ecuaciones con dos incógnitas, por lo tanto se realiza mediante el cálculo de determinantes para la obtención de la regresión, y se obtienen las constantes de **(a, b)** de la serie de datos ya mencionados.

ECUACIONES  $\sum Y - \sum Co = aN + b \sum x$  *Ec.I*

$$\sum Yx - \sum Co x = a \sum x + b \sum x^2 \quad \text{Ec.II}$$

$$\begin{aligned} Co &= a + b \\ 41,9 &= 15,0 + 125,6 \\ 351,4 &= 125,6 + 1051,5 \end{aligned}$$

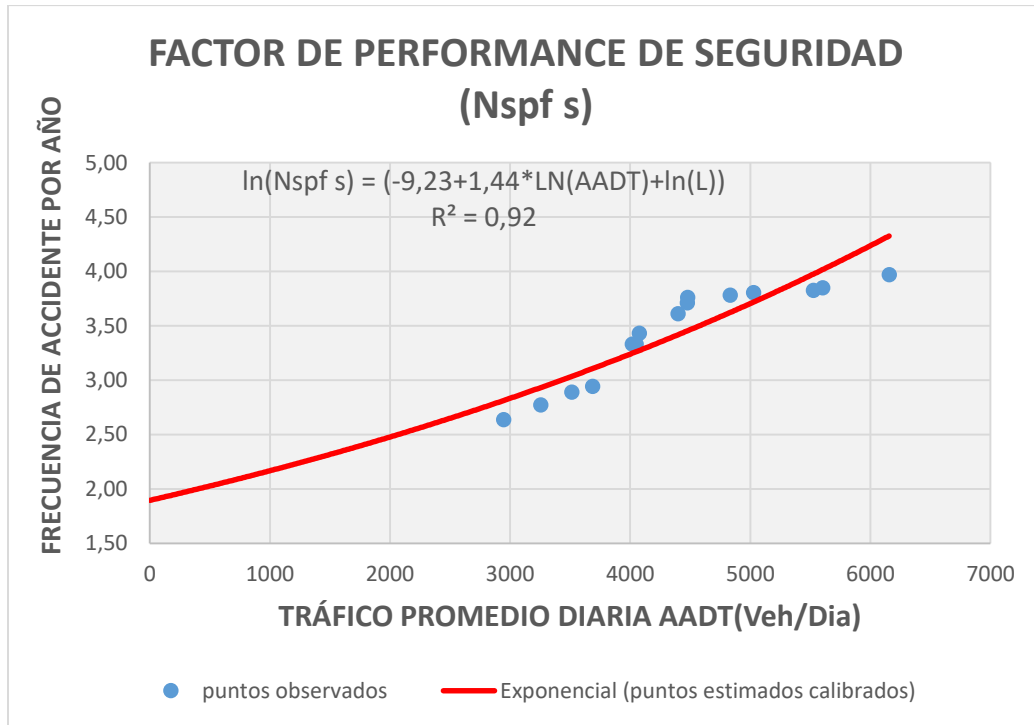
$$Y = a + b * X + Co$$

Constantes	a=	-9,23
	b=	1,44
Coefficiente de correlación	r=	0,957
Coefficiente de ajuste de la función r <sup>2</sup> =		0,92
o Coeficiente de determinación		

$$r = \sqrt{\frac{(\sum(Y_{est} - \bar{y}))^2}{(\sum(Y - \bar{y}))^2}}$$

Para el ajuste de la curva se calcula la desviación  $(S)^2 = (Y_{est} - y)^2$  los desvíos según los datos y la curva de la regresión, por lo que se obtiene el valor de  $S^2 = 0.28$  este valor si es próximo a cero, el ajuste es bueno que contiene a los puntos del diagrama de dispersión, esto se llama la curva de mínimos cuadrados porque se está considerando el mínimo del cuadrado de la desviación **S**.

**Gráfica 4.1.** Frecuencia Media de Accidentes (Nspf s) (2U)



**Fuente.-**Elaboración Propia

Por lo tanto, ya obtenidas las constantes se obtiene la ecuación ya calibrada para los valores de **Nspf s**, factores de performance de seguridad para las condiciones base ajustado a nuestro medio.

#### **Análisis de la calibración del módulo de accidentes:**

Como se puede evidenciar, la ecuación obtenida está entre el rango permitido por la correlación de datos que se tenía, claro que no se obtuvo al 100% pero el 92% de correlación de datos del 100% de datos computables, ya que en una calibración se puede cometer muchos errores (como por ejemplo al realizar el levantamiento de datos de accidentes, tráfico vehicular, conteo de vehículos, reportes de accidentes que no son asentados en tránsito, señalizaciones en las vías, etc.) por lo consiguiente se puede decir que la calibración es confiable.



### **Interpretación de la calibración de la curva ajustada a nuestro medio.**

También viendo la gráfica se puede evidenciar que en los primeros datos hay un desfase de puntos por debajo de la curva pero no son de mucha consideración, los puntos del medio se ve que hay un incremento por encima de la curva. Estos dos puntos en general se desvían un 18% y 26% de la curva, éste podría ser porque se registraron más reportes de accidentes por el departamento de tránsito, lo que se debería a que hubieron accidentes por embriaguez falta de señalizaciones y otros factores que intervienen, pero al final se puede comprobar que hay un desfase de reducción de accidentes de un (0.04- 7.6)% de desviación de la curva, éste podría ser porque se realizaron controles de tránsito, se colocaron señalizaciones tanto verticales como horizontales, no se registraron los accidentes por no habersido reportados a tránsito.

Por lo consiguiente, que se ve por los puntos observados en los que se tuviera dos líneas de tendencia, la primera fuese una exponencial hasta el punto más alto y de ahí linealmente. Pero para generalizar se tomó la exponencial tomando en cuenta la tendencia de correlación de datos de su coeficiente de correlación de 0.9, éste muestra un alta relación de las variables X, Y su factor de ajuste o coeficiente de determinación de un 92% de los valores de Y depende de X, tomando en cuenta que es sólo el 92 % de datos utilizados.

La gráfica calibrada es aplicable a nuestro medio para un tráfico vehicular de 0 hasta 7000 (vehículos/día) y para una lóngritud mínima de 0.1 millas o 160 m para las condiciones dadas en esta calibración, ya que también se ve un crecimiento en el parque automotor de la ciudad; hay un incremento de 2% anual de vehículos del total que se tienen, por lo tanto se puede inferir que la calibración será válida por (3-5) años y pasado ese tiempo se deberá realizar de nuevo esta misma calibración, para posteriores usos .

#### 4.4.1.1.2. Calibración de Un Sentidos (U)

Para esta calibración se tomó en cuenta la ecuación del manual que es exponencial lineal logarítmica, por lo tanto se tomaron en cuenta los datos de cada tramo que contiene 5 puntos cada uno para un estudio de 5 años de observación de accidentes y de tráfico promedio diario, mediante el método de **mínimos cuadrado** se realizó la obtención de las constantes de la ecuación siguientes del **Nspf<sub>s</sub>**, teniendo como datos el número de accidentes de tránsito, tráfico promedio diario y la longitud del tramo en estudio con lo que se tienen 15 datos para la calibración de la gráfica y ecuación y su ajuste al muestro medio.

$$N_{spf_s} = \exp^{(a+b \times \ln(AADT) + \ln(L))}$$

Aplicando el método mínimos cuadrados para obtención de las constantes (a, b) y su correlación de datos.

$$\ln(N_{spf_s}) = \ln(\exp^{(a+b \times \ln(AADT) + \ln(L))})$$

$$\ln(N_{spf_s}) = a + b * \ln(AADT) + \ln(L)$$

$$\ln(N_{SPF_S}) = Y$$

$$\ln(AADT) = X$$

$$\ln(L) = Co$$

$$Y = a + b * X + Co$$

$$S = \sum_{i=1}^n ei^2 = \sum_{i=1}^n (Y - a - b * X - Co)^2$$

$$\frac{dS}{da} = \sum_{i=1}^n (Y - a - b * X - Co)^2$$

$$\frac{dS}{db} = \sum_{i=1}^n (Y - a - b * X - Co)^2$$

$$\sum Y = aN + b \sum x + \sum Co \quad Ec. I$$

$$\sum Y x = a \sum x + b \sum x^2 + \sum Co x \quad Ec. II$$

$$\sum Y - \sum Co = aN + b \sum x \quad Ec. I$$

$$\sum Y x - \sum Co x = a \sum x + b \sum x^2 \quad Ec. II$$

En la realización de la obtención de los coeficientes de la regresión según el método de mínimos cuadrados se consideró la necesidad de eliminación de datos ya que éstos estaban fuera de curva y no se contaba con un buen ajuste, por lo tanto se utilizaron 7 datos para la calibración.

**Tabla 4.19.** Calibración de Un Sentidos en Segmento (U)

Nº	AADT(veh/día)	ACCIT (acc/año)	L (millas)
1	2368	12	0,33
2	2619	12	0,33
3	2826	12	0,33
4	3000	15	0,33
5	3231	15	0,33
6	3317	17	0,56
7	3580	18	0,56
8	3600	21	0,56
9	3631	22	0,56
10	4015	22	0,56
11	4092	23	0,76
12	4333	23	0,76
13	4560	24	0,76
14	4954	24	0,76
15	5520	26	0,76

			x	y	Co	x <sup>2</sup>	Co <sup>2</sup>	x Co	xy	Co y	
Nº	AADT(veh/día)	ACCIT (acc/año)	L (millas)	ln(x)	ln(y)	ln(Co)	ln(x <sup>2</sup> )	ln(Co <sup>2</sup> )	ln(x)*ln(Co)	ln(x)*ln(y)	ln(Co)*ln(x)
1	2368	12	0,33	7,77	2,48	-1,11	60,37	1,23	-8,61	19,31	-2,75
2	2619	12	0,33	7,87	2,48	-1,11	61,94	1,23	-8,73	19,56	-2,75
3	2826	12	0,33	7,95	2,48	-1,11	63,15	1,23	-8,81	19,75	-2,75
4	3631	22	0,56	8,20	3,09	-0,58	67,20	0,34	-4,75	25,34	-1,79
5	4015	22	0,56	8,30	3,09	-0,58	68,85	0,34	-4,81	25,65	-1,79
6	4954	24	0,76	8,51	3,18	-0,27	72,38	0,08	-2,33	27,04	-0,87
7	5520	26	0,76	8,62	3,26	-0,27	74,24	0,08	-2,36	28,07	-0,89
SUMA TOTAL				57,21	20,07	-5,03	468,14	4,51	-40,41	164,71	-13,62
MEDIA				8,2	2,9	-0,7					

N= 7

			y <sup>2</sup>	Y est	(x-X)(y-Y)	(x-X) <sup>2</sup>	(y-Y) <sup>2</sup>	(Y est -Y) <sup>2</sup>	(Y est -Y) <sup>2</sup> =S		
Nº	AADT(veh/día)	ACCIT (acc/año)	L (millas)	ln(y <sup>2</sup> )	ln(Yest)					% DE DESV	
1	2368	12	0,33	1,23	2,52	0,154	0,162	0,146	0,122	0,0011	3,8
2	2619	12	0,33	1,23	2,51	0,116	0,091	0,146	0,129	0,0005	1,9
3	2826	12	0,33	1,23	2,50	0,086	0,051	0,146	0,135	0,0002	0,9
4	3631	22	0,56	0,34	3,00	0,006	0,001	0,050	0,019	0,0075	25,9
5	4015	22	0,56	0,34	2,99	0,028	0,016	0,050	0,016	0,0093	32,2
6	4954	24	0,76	0,08	3,28	0,104	0,113	0,096	0,169	0,0102	35,1
7	5520	26	0,76	0,08	3,27	0,173	0,197	0,153	0,160	0,0001	0,3
SUMA TOTAL				4,51	20,07	0,67	0,63	0,79	0,75	0,03	100

**Fuente.-Elaboración Propia**

Una vez aplicado el método de mínimos cuadrados se obtienen dos ecuaciones con dos incógnitas, por lo tanto se realiza mediante el cálculo de determinantes para la obtención de la regresión, y se obtiene las constantes de **(a, b)** de la serie de datos ya mencionados.

ECUACIONES  $\sum Y - \sum Co = aN + b \sum x$  Ec.1

$$\sum Yx - \sum Cox = a \sum x + b \sum x^2$$

$$Co = a + b$$

$$25,1 = 7,0 + 57,2$$

$$205,1 = 57,2 + 468,1$$

$$Y = a + b * X + Co$$

Constantes a= 4,40

b= -0,10

Coefficiente de correlación r= 0,98

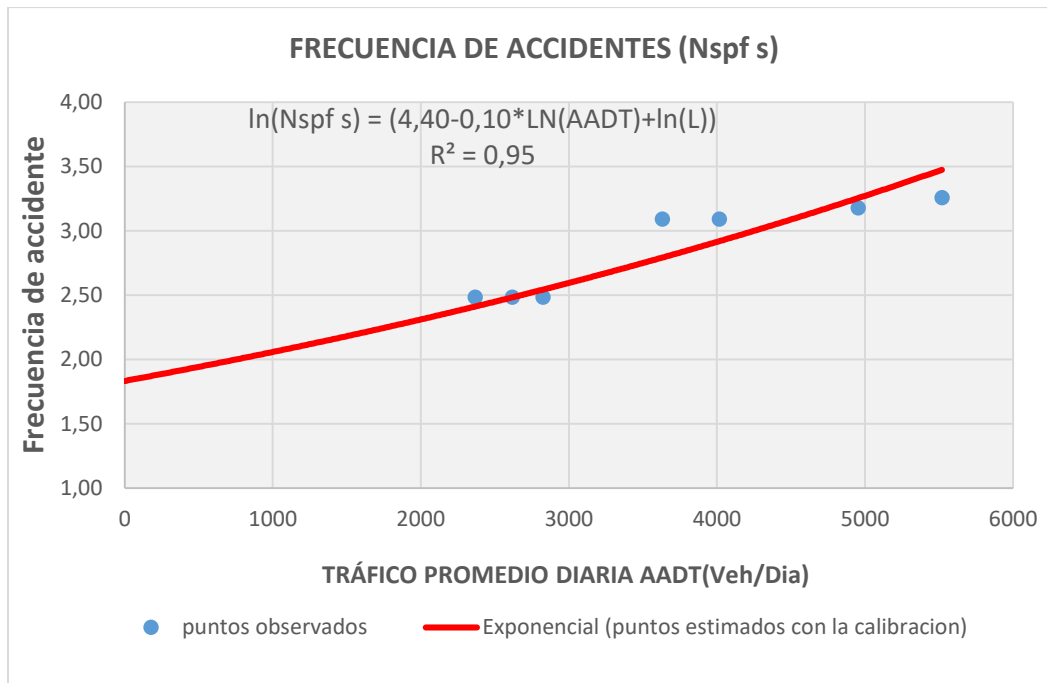
Coefficiente de ajuste de la función r2= 0,952

o Coeficiente de determinación

$$r = \sqrt{\frac{(\sum(Yest - \bar{y}))^2}{(\sum(Y - \bar{y}))^2}}$$

Para el ajuste de la curva se calcula la desviación del  $(S)^2 = (Yest - y)^2$ , estos desvíos según los datos y la curva de la regresión, por lo que se obtiene el valor de  $S^2=0.03$ . Este valor, si es próximo a cero, el ajuste es bueno pues contiene a los puntos del diagrama de dispersión. Esto se llama la curva de mínimos cuadrados, porque se está considerando el mínimo del cuadrado de la desviación **S**.

**Gráfica 4.2.** Frecuencia Media de Accidentes (Nspfs) (U)



**Fuente.-**Elaboración Propia

Por lo tanto, con la constante, se obtiene la ecuación ya calibrada para los valores de **Nspfs**, (factores de performance de seguridad) para las condiciones base ajustada a nuestro medio.

#### **Análisis de la calibración del módulo de accidentes:**

Como se puede evidenciar la ecuación obtenida está entre el rango permitido por la correlación de datos que se tenía claro que no se obtuvo al 100% del 50 % de los datos tomados para la calibración, se obtiene el 95 % de los 50 % computable, es un buen valor de estimación de los valores, ya que en una calibración se puede cometer muchos errores como por ejemplo al realizar el levantamiento de datos de accidentes, tráfico vehicular, conteo de vehículos, reportes de accidentes que no son asentados en tránsito, señalizaciones en las vías, por lo consiguiente se puede decir que la calibración es confiable.

#### **Interpretación de la calibración de la curva ajustada a nuestro medio.**

Analizando la gráfica se puede evidenciar que en los primeros datos hay un desfase de puntos por debajo de la curva pero no son de mucha consideración, en los puntos del medio se ve que hay un incremento por encima de la curva estos dos puntos en general que se desvían un

26 % y 32 % de la curva, éste podría ser porque se registraron más reportes de accidentes por el departamento de tránsito, quizás porque hubo accidentes por embriaguez, falta de señalizaciones, reportes de accidentes a tránsito, y otros factores que intervienen, pero al final se evidencio que hay un desfase de reducción de accidentes de un 35 % de desviación y esto podría ser porque se realizaron controles de tránsito se colocaron señalizaciones tanto verticales como horizontales, no se registraron los accidentes por no ser reportados a tránsito, paros cívicos que paralizan el tráfico vehicular, bloqueos, etc.

Por lo consiguiente, se observa por los puntos observados que se tuviera una línea de tendencia lineal hasta el punto final de la gráfica, Pero para generalizar se consideró la exponencial, tomando en cuenta la tendencia de correlación de datos de su coeficiente de correlación de 0.98; ésto muestra un alta relación de las variables X, Y su factor de ajuste o coeficiente de determinación de un 95 % de los valores de Y depende de X, tomando en cuenta que es sólo el 50 % de datos utilizados.

La gráfica calibrada es aplicable a nuestro medio para un tráfico vehicular de 0 hasta 6000 (vehículos/día) y para una longitud mínima de 0.1 millas o 160 m para las condiciones dadas en esta calibración, ya que también se evidencia un crecimiento del parque automotor de la ciudad; hay un incremento de 2% anual de vehículos del total que se tienen, por lo tanto se puede inferir que la calibración será válida por (3-5) años y pasado ese tiempo se deberá realizar de nuevo esta misma calibración, para posteriores usos .

#### **4.4.1.2. Calibración del Módulo de Frecuencia Media de Accidentes (SPF) para Intersecciones.**

Para la realización de la calibración del (SPF int) se tomaron en cuenta los reportes de accidentes de tránsito de 5 años de observación del año (2009 a 2013), y la función que cumple la vía urbana si está es de ida y vuelta (2U) o sólo de ida (U), y se analizó la cantidad de accidentes por año que se cuenta cada tramo, considerando sólo la intersecciones.

#### 4.4.1.2.1. Calibración de Dos Sentidos (2U)

Para esta calibración se aplicó la ecuación del manual que es exponencial lineal logarítmica, por lo tanto se tomaron en cuenta los datos de cada tramo que contiene 5 puntos cada uno para un estudio de 5 años de observación de accidentes y de tráfico promedio diario; mediante el método de **mínimos cuadrado** se realizó la obtención de las constantes de la ecuación siguientes del **N<sub>spf int</sub>**, contando como datos el número de accidentes de tránsito, tráfico promedio diario máximo de la vía mayor y tráfico promedio diario mínimo de la vía menor que es el 30% aproximadamente de la vía mayor del tramo en estudio con lo que se tiene 15 datos para la calibración del gráfica y ecuación y su ajuste al muestro medio.

$$N_{spf\ int} = \exp^{(a+b \times \ln(AADT_{maj})+c \times \ln(AADT_{min}))}$$

Aplicando el método mínimos cuadrados para obtención de las constantes (a, b) y su correlación de datos.

$$\ln(N_{spf\ int}) = \ln(\exp^{(a+b \times \ln(AADT_{max})+c \times \ln(AADT_{min}))})$$

$$\ln(N_{spf\ int}) = a + b * \ln(AADT_{max}) + c * \ln(AADT_{min})$$

$$\ln(N_{SPF\ int}) = Y$$

$$\ln(AADT_{max}) = X_1$$

$$\ln(AADT_{min}) = X_2$$

$$\ln(N_{spf\ int}) = a + b * \ln(AADT_{max}) + c * \ln(AADT_{min})$$

$$Y = a + b * X_1 + c * X_2$$



$$S = ei = Y - a - b * X_1 - c * X_2$$

$$S = \sum_{i=1}^n ei^2 = \sum_{i=1}^n (Y - a - b * X_1 - c * X_2)^2$$

$$\frac{dS}{da} = \sum_{i=1}^n (Y - a - b * X_1 - c * X_2)^2$$

$$\frac{dS}{db} = \sum_{i=1}^n (Y - a - b * X_1 - c * X_2)^2$$

$$\frac{dS}{dc} = \sum_{i=1}^n (Y - a - b * X_1 - c * X_2)^2$$

$$\sum Y = aN + b \sum X_1 + c \sum X_2 \quad Ec.I$$

$$\sum Y X_1 = a \sum X_1 + b \sum X_1^2 + c \left( \sum X_1 * \sum X_2 \right) \quad Ec.II$$

$$\sum Y X_2 = a \sum X_2 + b \left( \sum X_1 * \sum X_2 \right) + c \sum X_2^2 \quad Ec.III$$

En la realización de la obtención de los coeficientes de la regresión según el método de mínimos cuadrados se consideró la necesidad de eliminación de datos, ya que éstos estaban fuera de curva y no se contaba con un buen ajuste por lo tanto se utilizó 12 datos para la calibración.

**Tabla 4.20.** Calibración de dos sentidos en intersección (2U)

	$X_1$	$X_2$	$y$
N°	AADT max(veh/día)	AADT min(veh/día)	ACCIT (acc/año)
1	2945	884	15
2	3257	977	18
3	3514	1054	24
4	3686	1106	29
5	4018	1205	30
6	4050	1215	41
7	4076	1223	42
8	4398	1320	47
9	4477	1343	54
10	4479	1344	59
11	4833	1450	74
12	5028	1509	125
13	5526	1658	131
14	5603	1681	169
15	6157	1847	180

	$X_1$	$X_2$	$y$	$X_1$	$X_2$	$y$	$X_1^2$	$X_2^2$	$y^2$	$X_1 X_2$
N°	AADT max(veh/día)	AADT min(veh/día)	ACCIT (acc/año)	ln(x1)	ln(x2)	ln(y)				
1	2945	884	15	7,99	6,78	2,71	64	46	7,33	54
2	3257	977	18	8,09	6,88	2,89	65	47	8,35	56
3	3514	1054	24	8,16	6,96	3,18	67	48	10,10	57
4	3686	1106	29	8,21	7,01	3,37	67	49	11,34	58
5	4050	1215	41	8,31	7,10	3,71	69	50	13,79	59
6	4076	1223	42	8,31	7,11	3,74	69	51	13,97	59
7	4398	1320	47	8,39	7,19	3,85	70	52	14,82	60
8	4477	1343	54	8,41	7,20	3,99	71	52	15,91	61
9	4479	1344	59	8,41	7,20	4,08	71	52	16,63	61
10	4833	1450	74	8,48	7,28	4,30	72	53	18,52	62
11	5028	1509	125	8,52	7,32	4,83	73	54	23,31	62
12	6157	1847	180	8,73	7,52	5,19	76	57	26,97	66
	SUMA TOTAL			100,01	85,56	45,84	834	610	181,05	713
	MEDIA			8,3	7,1	3,8				

N= 12

$X_1$	$X_2$	y	$\bar{X}_1$	$\bar{X}_2$	Y est	(x1-X1) <sup>2</sup>	(x2-X2) <sup>2</sup>	(y-Y) <sup>2</sup>	(Y est -Y) <sup>2</sup>	(Y est -Y) <sup>2</sup>	% DE DESV
2945	884	15	22	18	2,7	0,120	0,120	1,236	1,34638	0,00237	0,942
3257	977	18	23	20	3,0	0,060	0,060	0,864	0,63898	0,01690	6,731
3514	1054	24	26	22	3,3	0,029	0,029	0,412	0,27639	0,01345	5,355
3686	1106	29	28	24	3,5	0,015	0,015	0,205	0,12576	0,00957	3,810
4050	1215	41	31	26	3,8	0,001	0,001	0,011	0,00026	0,00813	3,237
4076	1223	42	31	27	3,8	0,000	0,000	0,007	0,00004	0,00782	3,113
4398	1320	47	32	28	4,1	0,003	0,003	0,001	0,07838	0,06229	24,801
4477	1343	54	34	29	4,2	0,005	0,005	0,029	0,11804	0,03039	12,101
4479	1344	59	34	29	4,2	0,005	0,005	0,066	0,11899	0,00760	3,025
4833	1450	74	37	31	4,4	0,022	0,022	0,235	0,38265	0,01803	7,179
5028	1509	125	41	35	4,6	0,036	0,036	1,017	0,57859	0,06146	24,471
6157	1847	180	45	39	5,3	0,153	0,153	1,886	2,21380	0,01315	5,236
SUMA TOTAL			384	328	46,8	0,4	0,4	5,968	5,88	0,25	100,00

**Fuente.-**Elaboración Propia

Una vez aplicado el método de mínimos cuadrados se obtuvieron tres ecuaciones, con tres incógnitas por lo tanto se realiza el cálculo de determinantes para la obtención de la regresión, y se obtienen las constantes de **(a, b, c)** de la serie de datos ya mencionados.

ECUACIONES

$$\sum Y = aN + b \sum X_1 + c \sum X_2 \quad \text{Ec. I}$$

$$\sum Y X_1 = a \sum X_1 + b \sum X_1^2 + c (\sum X_1 * \sum X_2) \quad \text{Ec. II}$$

$$\sum Y X_2 = a \sum X_2 + b (\sum X_1 * \sum X_2) + c \sum X_2^2 \quad \text{Ec. III}$$

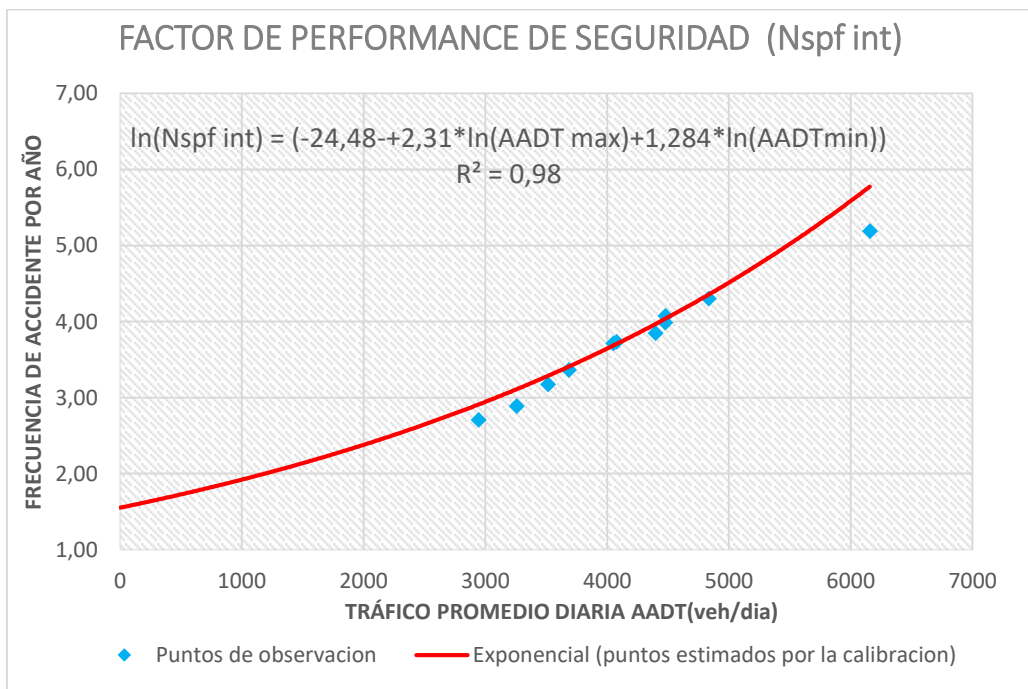
I	45,84	12	100,01	85,56
II	383,62	100,01	834	713
III	328,43	85,56	713	610

Constantes	a=	-24,48
	b=	2,308
	c=	1,284
Coefficiente de correlación	r=	0,992
Coefficiente de ajuste de la función o Coeficiente de determinación	r <sup>2</sup> =	0,985

$$r = \sqrt{\frac{(\sum(Y_{est} - \bar{y})^2)}{(\sum(Y - \bar{y})^2)}}$$

Para el ajuste de la curva, se calcula la desviación  $(S)^2 = (Y_{est} - y)^2$ , los desvíos según los datos y la curva de la regresión, por lo que se obtiene el valor de  $S^2 = 0.25$ . Este valor si es próximo a cero el ajuste es bueno, pues contiene a los puntos del diagrama de dispersión. Esto se llama la curva de mínimos cuadrados porque se está considerando el mínimo del cuadrado de la desviación **S**.

**Gráfica 4.3.** Frecuencia Media de Accidentes (Nspf int) (2U)



**Fuente.-**Elaboración Propia

Por lo tanto, obtenida la constante se obtiene la ecuación ya calibrada para los valores de **Nspf int**, (factores de performance de seguridad) para las condiciones base, ajustado a nuestro medio.

### **Análisis de la calibración del módulo de accidentes:**

Como se puede evidenciar la ecuación obtenida está entre el rango permitido por la correlación de datos que se tenía; claro que no se obtuvo al 100% pero se tomó el 80 % de los datos tomados para la calibración, del cual se obtiene el 98 % de los 80 % computable. Es un buen parámetro de estimación de los valores, ya que en una calibración se puede cometer muchos errores como por ejemplo al realizar el levantamiento de datos de accidentes, tráfico vehicular, conteo de vehículos, reportes de accidentes que no son asentados en tránsito, señalizaciones en las vías. Por lo tanto se afirma que la calibración es confiable.

### **Interpretación de la calibración de la curva ajustada a nuestro medio.**

Viendo la gráfica, se evidencia que en los primeros datos hay un desfase de puntos por debajo de la curva pero no son de mucha consideración, se denota una desviación de 12 %, 24%, y 24% de la curva en el antepenúltimo punto. Esto podría deberse a que se realizaron controles de tránsito se colocaron señalizaciones tanto verticales como horizontales, no se registraron los accidentes por no ser reportados a Tránsito, paros cívicos que paralizan el tráfico vehicular, bloqueos, etc.

Por lo consiguiente, se ve por los puntos observados que hay una línea de tendencia lineal hasta el punto final de la gráfica, Pero para generalizar se tomó la exponencial considerando la tendencia de correlación de datos de su coeficiente de correlación de 0.99, esto muestra un alta relación de las variables de X, Y su factor de ajuste o coeficiente de determinación de un 98 % de los valores de Y depende de X, pues sólo el 80% de los datos son utilizados.

La gráfica calibrada ajustada es aplicable para nuestro medio para un tráfico vehicular de 0 hasta 7000 (vehículos/día) y para las condiciones dadas en esta calibración ya que también se ve un crecimiento del parque automotor de la ciudad hay un incremento de 2% anuales de vehículos del total que se tiene. Por lo tanto, se puede afirmar que la calibración será válida por (3-5) años y pasado ese tiempo se deberá realizar de nuevo esta calibración para el estudio de posteriores casos.

#### 4.4.1.2.2. Calibración de Un Sentidos (U)

Para esta calibración se tomaron en cuenta la ecuación del manual que es exponencial lineal logarítmica, por lo tanto se tomó en cuenta los datos de cada tramo que contiene 5 puntos cada uno para un estudio de 5 años de observación de accidentes y de tráfico promedio diario. Mediante el método de **mínimos cuadrado** se realizó la obtención de las constantes de la ecuación siguientes del **N<sub>spfs int</sub>**, teniendo como datos el número de accidentes de tránsito, tráfico promedio diario máximo de la vía mayor y tráfico promedio diario mínimo de la vía menor que es el 30% aproximadamente de la vía mayor del tramo en estudio con lo que se tiene 15 datos para la calibración de la gráfica y ecuación y su ajuste al muestro medio.

$$N_{spf\ int} = \exp^{(a+b \times \ln(AADT_{maj})+c \times \ln(AADT_{min}))}$$

Aplicando el método mínimos cuadrados para obtención de las constantes (a, b) y su correlación de datos, resulta:

$$\ln(N_{spf\ int}) = \ln(\exp^{(a+b \times \ln(AADT_{max})+c \times \ln(AADT_{min}))})$$

$$\ln(N_{spf\ int}) = a + b * \ln(AADT_{max}) + c * \ln(AADT_{min})$$

$$\ln(N_{SPF\ int}) = Y$$

$$\ln(AADT_{max}) = X_1$$

$$\ln(AADT_{min}) = X_2$$

$$\ln(N_{spf\ int}) = a + b * \ln(AADT_{max}) + c * \ln(AADT_{min})$$

$$Y = a + b * X_1 + c * X_2$$

$$S = \sum_{i=1}^n ei = Y - a - b * X_1 - c * X_2$$

$$S = \sum_{i=1}^n ei^2 = \sum_{i=1}^n (Y - a - b * X_1 - c * X_2)^2$$

$$\frac{dS}{da} = \sum_{i=1}^n (Y - a - b * X_1 - c * X_2)$$

$$\frac{dS}{db} = \sum_{i=1}^n (-X_1 * (Y - a - b * X_1 - c * X_2))$$

$$\frac{dS}{dc} = \sum_{i=1}^n (-X_2 * (Y - a - b * X_1 - c * X_2))$$

$$\sum Y = aN + b \sum X_1 + c \sum X_2 \quad Ec.I$$

$$\sum Y X_1 = a \sum X_1 + b \sum X_1^2 + c (\sum X_1 * \sum X_2) \quad Ec.II$$

$$\sum Y X_2 = a \sum X_2 + b (\sum X_1 * \sum X_2) + c \sum X_2^2 \quad Ec.III$$

En la realización de la obtención de los coeficientes de la regresión según el método de mínimos cuadrados, se consideró la eliminación de datos ya que éstos estaban fuera de curva y no se contaba con un buen ajuste, por lo tanto se utilizaron 8 datos para la calibración.

**Tabla 4.21.** Calibración de un sentidos en intersección (U)

	$X_1$	$X_2$	y
Nº	AADT max(veh/día)	AADT min(veh/día)	ACCIT (acc/año)
1	2368	710	28
2	2619	786	28
3	2826	848	29
4	3000	900	30
5	3231	969	31
6	3317	995	31
7	3580	1074	32
8	3600	1080	32
9	3631	1089	32
10	4015	1205	32
11	4092	1228	33
12	4333	1300	34
13	4560	1368	34
14	4954	1486	36
15	5520	1656	41

Nº	$X_1$	$X_2$	y	$X_1$	$X_2$	$\bar{y}$	$X_1^2$	$X_2^2$	$y^2$	$X_1 X_2$	$\bar{y} X_1$
	AADT max(veh/día)	AADT min(veh/día)	ACCIT (acc/año)	ln(x1)	ln(x2)	ln(y)					
1	2368	710	28	7,77	6,57	3,33	60,37	43,11	11,10	51,02	25,89
2	2619	786	28	7,87	6,67	3,33	61,94	44,44	11,10	52,47	26,23
3	3317	995	31	8,11	6,90	3,43	65,72	47,65	11,79	55,96	27,84
4	3580	1074	32	8,18	6,98	3,47	66,96	48,71	12,01	57,11	28,36
5	4015	1205	32	8,30	7,09	3,47	68,85	50,32	12,01	58,86	28,76
6	4092	1228	33	8,32	7,11	3,50	69,17	50,59	12,23	59,16	29,08
7	4333	1300	34	8,37	7,17	3,53	70,13	51,41	12,44	60,04	29,53
8	5520	1656	41	8,62	7,41	3,71	74,24	54,94	13,79	63,86	32,00
	SUMA TOTAL			65,54	55,90	27,77	537,39	391,18	96,47	458,48	227,68
	MEDIA			8,2	7,0	3,5					

N= 8



	$X_1$	$X_2$	y	$\bar{X}_1$	Y est	$(x1-X1)^2$	$(x2-X2)^2$	$(y-Y)^2$	$(Y est -Y)^2$	$(Y est -y)^2=S2$	% DE DESV
Nº	AADT max(veh/dia)	AADT min(veh/dia)	ACCIT (acc/año)								
1	2368	710	28	21,88	3,28	0,178	0,178	0,019	0,037	0,003	25,996
2	2619	786	28	22,21	3,32	0,103	0,103	0,019	0,023	0,000	1,215
3	3317	995	31	23,70	3,42	0,007	0,007	0,001	0,003	0,000	1,799
4	3580	1074	32	24,19	3,45	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,737
5	4015	1205	32	24,59	3,50	0,011	0,011	0,000	0,001	0,001	10,553
6	4092	1228	33	24,87	3,51	0,016	0,016	0,001	0,001	0,000	1,188
7	4333	1300	34	25,28	3,53	0,033	0,033	0,003	0,004	0,000	0,289
8	5520	1656	41	27,53	3,63	0,180	0,180	0,059	0,027	0,006	57,222
SUMA TOTAL				194,25	27,64	0,529	0,529	0,103	0,095	0,011	100,0

Fuente.-Elaboración Propia

Una vez aplicado el método de mínimos cuadrados se obtienen tres ecuaciones con tres incógnitas por lo tanto se realiza mediante el cálculo de determinantes para la obtención de la regresión, y se obtienen las constantes de **(a, b, c)** de la serie de datos ya mencionados.

ECUACIONES

$$\sum Y = aN + b \sum X_1 + c \sum X_2 \quad Ec. I$$

$$\sum Y X_1 = a \sum X_1 + b \sum X_1^2 + c (\sum X_1 * \sum X_2) \quad Ec. II$$

$$\sum Y X_2 = a \sum X_2 + b (\sum X_1 * \sum X_2) + c \sum X_2^2 \quad Ec. III$$

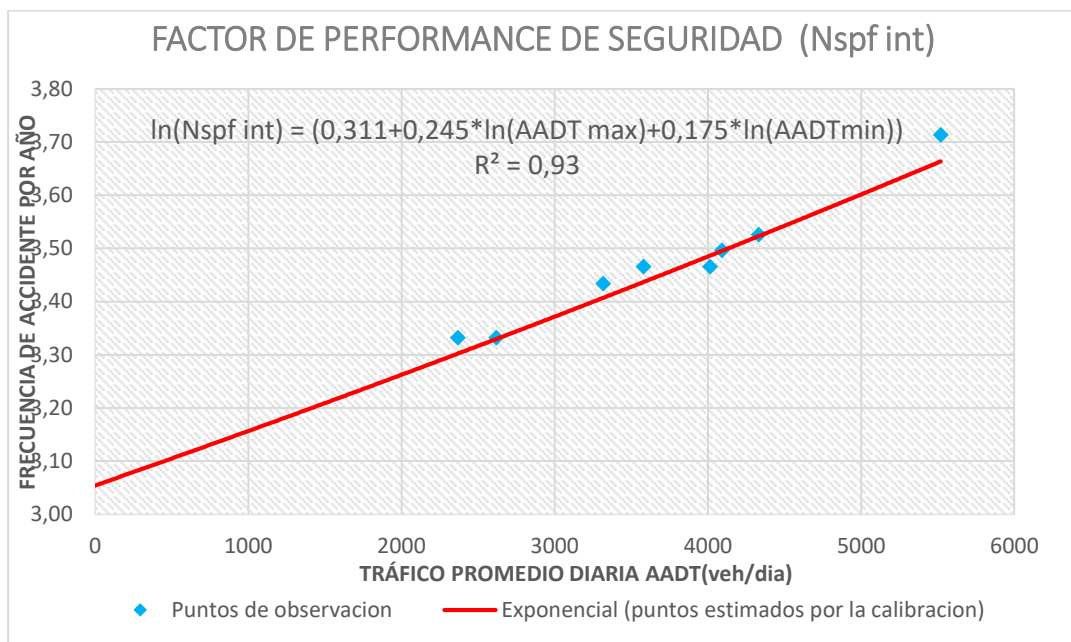
I	27,77	8	65,54	55,90
II	227,68	65,54	537,39	458,48
III	194,25	55,90	458,483	391,18

Constantes	a=	0,311
	b=	0,245
	c=	0,175
Coefficiente de correlación	r=	0,9631
Coefficiente de ajuste de la función o Coeficiente de determinación	r2=	0,9276

$$r = \sqrt{\frac{(\sum(Y_{est} - \bar{y})^2)}{(\sum(Y - \bar{y})^2)}}$$

Para el ajuste de la curva se calcula la desviación  $(S)^2 = (Y_{est} - y)^2$ , los desvíos según los datos y la curva de la regresión por lo que se obtiene el valor de  $S^2 = 0.011$ . Este valor, si es próximo a cero, el ajuste es bueno ya que contiene a los puntos del diagrama de dispersión, ésto se llama la curva de mínimos cuadrados porque se está considerando el mínimo del cuadrado de la desviación  $S$ .

**Gráfica 4.4.** Frecuencia Media de Accidentes (Nspf int) (U)



**Fuente.-**Elaboración Propia

Por lo tanto, con la constante se obtiene la ecuación ya calibrada para los valores de **Nspf int**, (factores de performance de seguridad) para las condiciones base ajustado a nuestro medio.

### **Análisis de la calibración del módulo de accidentes:**

Se evidenciar que la ecuación obtenida está entre el rango permitido por la correlación de datos que se tenía claro que no se obtuvo al 100% pero se tomó el 53.3 % de los datos considerados para la calibración, de lo cual se obtiene el 93 % de correlación de datos de 53.3 % computable. Lo que es un buen índice de estimación de los valores, ya que en una calibración se pueden cometer muchos errores, como por ejemplo al realizar el levantamiento de datos de accidentes, tráfico vehicular, conteo de vehículos, reportes de accidentes que no son asentados en tránsito, señalizaciones en las vías. Por lo consiguiente, se puede afirmar que la calibración es confiable.

### **Interpretación de la calibración de la curva ajustada a nuestro medio.**

Analizando la gráfica se evidencia que entre el primer y el último dato hay un desfase de puntos por arriba de la curva; se denota una desviación de 26 %, y 57 %. Éste podría ser porque se registraron más reportes de accidentes por el departamento de tránsito, lo que incorporan accidentes por embriaguez, falta de señalizaciones, y otros factores que intervienen en estos hechos fortuitos.

Por los puntos observados se evidencia que existe una línea de tendencia lineal hasta el punto final de la gráfica, pero para generalizar se tomó la exponencial tomando en cuenta la tendencia de correlación de datos de su coeficiente de correlación de 0.96, esto muestra una alta relación de las variables de X, Y su factor de ajuste o coeficiente de determinación de un 93 % de los valores de Y depende de X, tomando en cuenta que es sólo el 53.3% de datos utilizados.

La gráfica calibrada ajustada es aplicable para nuestro medio para un tráfico vehicular de 0 hasta 6000 (vehículos/día) y para las condiciones dadas en esta calibración ya que también se ve un crecimiento del parque automotor de la ciudad hay un incremento de 2% anual de vehículos del total que se tienen, por lo tanto se puede inferir que la calibración será válida por (3-5) años y pasado ese tiempo se deberá aplicar de nuevo esta calibración y este estudio para posteriores usos.

#### 4.4.2. Calibración del Módulo de Accidente del (Cr, Ci) Condiciones Locales Geográficas de la Zona.

Para esta calibración de Cr, de condiciones locales geográficas de la zona se utilizó el tráfico promedio diario, número de accidentes de zona de estudio, su longitud del tramo y si ésta es de dos sentidos (2U) o de un sentido (U).

##### 4.4.2.1. Para Segmentos Rectos de Dos Sentidos (Cr).

Para la calibración de Cr para (2U) se aplica la misma metodología que ya mencionamos con datos de entrada como es la longitud del tramo, tráfico promedio diario y con la ecuación calibrada a nuestro medio del  $N_{spf}$  de (2U) se obtiene esta **tabla**

**Tablas 4.22.** Calibración de Cr para Segmento (2U)

PARA VÍAS URBANAS DE (2U)	L(millas)	AADT (VEH/DIA)				
		AÑO 2009	AÑO 2010	AÑO 2011	AÑO 2012	AÑO 2013
<b>TRAMOS A-B</b>						
Rotonda San Mateo-Rotonda Cruce Circunvalación	0,65	2945	3257	3514	4018	4477
Rotonda Cruce Circunvalacion-Rotonda del Pac	0,45	2945	3257	3514	4018	4477
Rotonda del Pac-Cruce al Mercado Campesino	0,35	2945	3257	3514	4018	4477
Cruce al Mercado Campesino-Rotonda Fe y Alegría	0,16	2945	3257	3514	4018	4477
Rotonda Fe y Alegría-Rotonda Europa	0,29	2945	3257	3514	4018	4477
<b>TRAMOS C-D</b>		<b>1,9</b>				
Rotonda el Verano-Rotonda Fuente de los Deseos	0,49	4050	4479	4833	5526	6157
Rotonda Fuente de los Deseos-Rotonda Chorolque	0,58	4050	4479	4833	5526	6157
Rotonda Chorolque-Rotonda Moto Méndez	0,34	4050	4479	4833	5526	6157
Rotonda Moto Méndez-Rotonda San Gerónimo	0,40	4050	4479	4833	5526	6157
Rotonda San Gerónimo-Rotonda Aeropuerto	0,45	4050	4479	4833	5526	6157
<b>TRAMOS E-F</b>		<b>2,3</b>				
Rotonda Parada el Chaco-Rotonda a Entrada a la Coca cola	0,94	3686	4076	4398	5028	5603
Rotonda a Entrada a la Coca cola-Pasando el Puente el Portillo	0,71	3686	4076	4398	5028	5603

1,6

PARA VÍAS URBANAS DE (2U)	ACCIDENTE POR AÑO						TOTAL	PROM
	AÑO 2009	AÑO 2010	AÑO 2011	AÑO 2012	AÑO 2013			
<b>TRAMOS A-B</b>								
Rotonda San Mateo-Rotonda Cruce Circunvalación	3	8	8	9	4	32	6	
Rotonda Cruce Circunvalacion-Rotonda del Pac	2	8	8	9	3	30	6	
Rotonda del Pac-Cruce al Mercado Campesino	4	10	10	9	2	35	7	
Cruce al Mercado Campesino-Rotonda Fe y Alegría	2	9	10	7	4	32	6	
Rotonda Fe y Alegría-Rotonda Europa	3	9	9	7	3	31	6	
<b>TRAMOS C-D</b>						160		
Rotonda el Verano-Rotonda Fuente de los Deseos	6	8	10	12	9	45	9	
Rotonda Fuente de los Deseos-Rotonda Chorolque	9	8	12	12	11	52	10	
Rotonda Chorolque-Rotonda Moto Méndez	3	4	7	8	6	28	6	
Rotonda Moto Méndez-Rotonda San Gerónimo	4	4	8	8	8	32	6	
Rotonda San Gerónimo-Rotonda Aeropuerto	6	4	9	13	9	41	8	
<b>TRAMOS E-F</b>						198		
Rotonda Parada el Chaco-Rotonda a Entrada a la Coca cola	3	5	4	4	4	20	4	
Rotonda a Entrada a la Coca cola-Pasando el Puente el Portillo	15	26	43	33	15	132	26	

152

PARA VÍAS URBANAS DE (2U)	N spf (ACCIDENTES /AÑO)						
	AÑO 2009	AÑO 2010	AÑO 2011	AÑO 2012	AÑO 2013	TOTAL	PROM
<b>TRAMOS A-B</b>							
Rotonda San Mateo-Rotonda Cruce Circunvalación	6,3	7,3	8,1	9,9	11,5	43	9
Rotonda Cruce Circunvalacion-Rotonda del Pac	4,4	5,1	5,7	6,9	8,1	30	6
Rotonda del Pac-Cruce al Mercado Campesino	3,4	3,9	4,4	5,3	6,2	23	5
Cruce al Mercado Campesino-Rotonda Fe y Alegría	1,5	1,8	2,0	2,4	2,8	10	2
Rotonda Fe y Alegría-Rotonda Europa	2,8	3,2	3,6	4,4	5,1	19	4
<b>TRAMOS C-D</b>							
Rotonda el Verano-Rotonda Fuente de los Deseos	7,6	8,7	9,8	11,8	13,8	52	10
Rotonda Fuente de los Deseos-Rotonda Chorolque	8,8	10,2	11,4	13,8	16,1	60	12
Rotonda Chorolque-Rotonda Moto Méndez	5,2	6,0	6,7	8,2	9,5	36	7
Rotonda Moto Méndez-Rotonda San Gerónimo	6,1	7,1	7,9	9,6	11,2	42	8
Rotonda San Gerónimo-Rotonda Aeropuerto	7,0	8,1	9,0	10,9	12,7	48	10
<b>TRAMOS E-F</b>							
Rotonda Parada el Chaco-Rotonda a Entrada a la Coca cola	12,6	14,6	16,3	19,7	23,1	86	17
Rotonda a Entrada a la Coca cola-Pasando el Puente el Portillo	9,5	11,0	12,2	14,8	17,3	65	13

**Fuente.-Elaboración Propia**

Para estimación de frecuencia (**N<sub>spf s</sub>**) se utiliza la siguiente ecuación calibrada utilizando los coeficientes de dispersión de (a= -9.23, b=1.44)

$$N_{spf s} = \exp^{(a+b \times \ln(AADT)+LN(L))}$$

Para el valor de k y w como ya se conoce se calcula con las siguientes ecuaciones

$$k = \frac{0.234}{L}$$

K se calcula o se obtiene de los reportes de accidentes el porcentaje del mismo

$$W_{i,B} = \frac{1}{1 + (K \times \sum_{\text{years}}^{\text{Before}} N_{\text{predicted}})}$$

$$N_{\text{expected}} = W_{i,B} \times N_{\text{predicted},B} + (1 - W_{i,B}) \times N_{\text{observed},B}$$

Para el valor de Cr es la división del número de accidentes observado con número de accidentes experimentado.

$$Cr = \frac{N_{\text{observed A}}}{N_{\text{expected A}}}$$

**Tablas 4.23.** Calibración de Cr para Segmento (2U)

<b>PARA VÍAS URBANAS DE (2U)</b>				
<b>TRAMOS A-B</b>	k	w	N expected	Cr
Rotonda San Mateo-Rotonda Cruce Circunvalación	0,36	0,06	7	1
Rotonda Cruce Circunvalacion-Rotonda del Pac	0,52	0,06	6	1
Rotonda del Pac-Cruce al Mercado Campesino	0,67	0,06	7	1
Cruce al Mercado Campesino-Rotonda Fe y Alegría	1,50	0,06	6	1
Rotonda Fe y Alegría-Rotonda Europa	0,82	0,06	6	1
<b>TRAMOS C-D</b>	0,775			1
Rotonda el Verano-Rotonda Fuente de los Deseos	0,48	0,04	9	1
Rotonda Fuente de los Deseos-Rotonda Chorolque	0,41	0,04	10	1
Rotonda Chorolque-Rotonda Moto Méndez	0,69	0,04	6	1
Rotonda Moto Méndez-Rotonda San Gerónimo	0,59	0,04	6	1
Rotonda San Gerónimo-Rotonda Aeropuerto	0,52	0,04	8	1
<b>TRAMOS E-F</b>	0,539			1
Rotonda Parada el Chaco-Rotonda a Entrada a la Coca cola	0,25	0,04	5	1
Rotonda a Entrada a la Coca cola-Pasando el Puente el Portillo	0,33	0,04	26	1
	0,292			1
PROMEDIO FINAL Cr=				1

**Fuente.-**Elaboración Propia

Se toma el valor de  $Cr=1$  porque no se realizó ninguna mejora al estudio presente y como se puede evidenciar lo experimentado y lo observado, da el valor de  $Cr =1$  en las mismas condiciones.

**Tablas 4.24.** Calibración de  $Cr$  para Segmento (2U)

PARA VÍAS URBANAS DE (2U)	Factores que Modifican accidente en el segmento					
	AMF1r	AMF2r	AMF3r	AMF4r	AMF5r	AMFtotal
<b>TRAMOS A-B</b>						
Rotonda San Mateo-Rotonda Cruce Circunvalación	1,34	0,91	0,99	0,96	1,00	1,15
Rotonda Cruce Circunvalacion-Rotonda del Pac	1,50	0,92	0,99	0,96	1,00	1,30
Rotonda del Pac-Cruce al Mercado Campesino	1,64	0,93	0,99	0,96	1,00	1,44
Cruce al Mercado Campesino-Rotonda Fe y Alegría	2,40	0,99	0,99	0,96	1,00	2,24
Rotonda Fe y Alegría-Rotonda Europa	1,77	0,94	0,99	0,96	1,00	1,57
<b>TRAMOS C-D</b>						1,541
Rotonda el Verano-Rotonda Fuente de los Deseos	1,29	0,95	0,96	0,96	1,00	1,13
Rotonda Fuente de los Deseos-Rotonda Chorolque	1,24	0,94	0,96	0,96	1,00	1,07
Rotonda Chorolque-Rotonda Moto Méndez	1,41	0,97	0,96	0,96	1,00	1,26
Rotonda Moto Méndez-Rotonda San Gerónimo	1,35	0,96	0,96	0,96	1,00	1,19
Rotonda San Gerónimo-Rotonda Aeropuerto	1,31	0,95	0,96	0,96	1,00	1,15
<b>TRAMOS E-F</b>						1,161
Rotonda Parada el Chaco-Rotonda a Entrada a la Coca cola	1,08	0,89	0,96	0,94	1,00	0,87
Rotonda a Entrada a la Coca cola-Pasando el Puente el Portillo	1,11	0,92	0,96	0,94	1,00	0,92
						0,894

PROMEDIO FINAL AMF r: **1,20**

**Fuente.-**Elaboración Propia

Como se muestra evidencia en la tabla anterior los factores que modifican accidentes de la vía ya sea señalizaciones, giros de la vía, cámaras de velocidad, iluminaciones, etc. Por lo que se obtiene  $AFMs=1.20$ , esto quiere decir un aumento de accidentes en la vía a un 20% más de lo observado.

**Tablas 4.25. Calibración de Cr para Segmento (2U)**

PARA VÍAS URBANAS DE (2U)					calibrado
TRAMOS A-B	Cr	Nspf	N predictivo	N observados	Cr
Rotonda San Mateo-Rotonda Cruce Circunvalación	1	9	10	6	0,658
Rotonda Cruce Circunvalacion-Rotonda del Pac	1	6	8	6	0,764
Rotonda del Pac-Cruce al Mercado Campesino	1	5	7	7	1,023
Cruce al Mercado Campesino-Rotonda Fe y Alegría	1	2	5	6	1,315
Rotonda Fe y Alegría-Rotonda Europa	1	4	6	6	1,009
<b>TRAMOS C-D</b>			7	6	0,954
Rotonda el Verano-Rotonda Fuente de los Deseos	1	10	12	9	0,775
Rotonda Fuente de los Deseos-Rotonda Chorolque	1	12	13	10	0,806
Rotonda Chorolque-Rotonda Moto Méndez	1	7	9	6	0,630
Rotonda Moto Méndez-Rotonda San Gerónimo	1	8	10	6	0,646
Rotonda San Gerónimo-Rotonda Aeropuerto	1	10	11	8	0,754
<b>TRAMOS E-F</b>			11	8	0,722
Rotonda Parada el Chaco-Rotonda a Entrada a la Coca cola	1	17	13	4	0,306
Rotonda a Entrada a la Coca cola-Pasando el Puente el Portillo	1	13	12	26	2,159
			13	15	1,233
PROMEDIO FINAL					<b>0,97</b>

**Fuente.-Elaboración Propia**

**Análisis de la calibración del módulo de accidentes (Cr):**

Como se puede evidenciar el valor de Cr=1 obtenida mediante el cálculo para la verificación si cumple con lo estipulado de mantener a condiciones base de Cr=1 sin mejoras en la vía, mediante las ecuaciones calibradas para cada tipo de vía ya sea de (2U), (U) nos da la frecuencia de accidentes de las condiciones que se tiene en el lugar de estudio. Mediante la realización de los pasos anteriores se obtiene estos números de accidentes predichos y observados, y para la obtención de Cr calibrado no es más que la división de lo observado con lo predicho por la ecuación general de highway safety, por lo que obtuvimos el valor de Cr=0.97, ósea que hay un decremento de los accidentes a un 0.03% menos de las condiciones base que se tiene, las características geográficas de la zona. Por lo consiguiente, para realizar una reducción de la misma se deberá hacer mejoramientos de vía para la reducción de accidentes de la zona, pero esto no implica que se debe de tomar ese valor, al contrario, se puede asumir teniendo en cuenta las mejoras que se van a dar a los segmentos de la vía.

Ya que en una calibración se pueden cometer muchos errores, como por ejemplo al realizar el levantamiento de datos de accidentes de tránsito, tanto en el conteo de vehículos, como en



reportes de accidentes que no son asentados en tránsito. Por lo consiguiente, se puede inferir que la calibración es confiable.

#### 4.4.2.2. Para Segmentos Rectos de Un Sentidos (Cr).

Para la calibración de Cr para (U) es la misma metodología que ya mencionamos con datos de entrada cómo es la longitud del tramo, tráfico promedio diario y con la ecuación calibrada a nuestro medio del  $N_{spf}$  s de (U) se obtienen esta **tabla 4.25**

**Tablas 4.26.** Calibración de Cr para segmento (U)

PARA VÍAS URBANAS DE (U)	L(millas)	AADT (VEH/DIA)				
		AÑO 2009	AÑO 2010	AÑO 2011	AÑO 2012	AÑO 2013
<b>TRAMOS F-G</b>						
Calle Avaroa esq.Calle Junín-Calle Avaroa esq.Calle Delgadillo	0,18	2368	2619	2826	3231	3600
Calle Avaroa esq.Calle Delgadillo-Calle Avaroa esq.Calle Daniel Campos	0,22	2368	2619	2826	3231	3600
Calle Avaroa esq.Calle Daniel Campos-Calle Avaroa esq.Calle Campero	0,16	2368	2619	2826	3231	3600
<b>TRAMOS G-H</b>	<b>0,6</b>					
Calle O'Connor esq.Avaroa-Calle O'Connor esq.La Madrid	0,22	3000	3317	3580	4092	4560
Calle O'Connor esq.La Madrid-Calle O'Connor esq.Bolívar	0,11	3000	3317	3580	4092	4560
<b>TRAMOS H-I</b>	<b>0,3</b>					
Calle Bolívar esq.Calle Junín-Calle Bolívar esq.Calle Santa Cruz	0,16	3631	4015	4333	4954	5520
Calle Bolívar esq.Calle Santa Cruz-Calle Bolívar esq.Calle Ballivian	0,54	3631	4015	4333	4954	5520
Calle Bolívar esq.Calle Ballivian-Calle Bolívar esq.Calle Ramón Rojas	0,1	3631	4015	4333	4954	5520

**0,8**

PARA VÍAS URBANAS DE (U)	ACCIDENTE POR AÑO						TOTAL	PROM
	AÑO 2009	AÑO 2010	AÑO 2011	AÑO 2012	AÑO 2013			
<b>TRAMOS F-G</b>								
Calle Avaroa esq.Calle Junín-Calle Avaroa esq.Calle Delgadillo	5	5	6	4	4	24	5	
Calle Avaroa esq.Calle Delgadillo-Calle Avaroa esq.Calle Daniel Campos	3	4	5	4	6	22	4	
Calle Avaroa esq.Calle Daniel Campos-Calle Avaroa esq.Calle Campero	4	6	6	4	5	25	5	
<b>TRAMOS G-H</b>						71		
Calle O'Connor esq.Avaroa-Calle O'Connor esq.La Madrid	6	7	7	5	7	32	6	
Calle O'Connor esq.La Madrid-Calle O'Connor esq.Bolívar	6	17	16	17	19	75	15	
<b>TRAMOS H-I</b>						107		
Calle Bolívar esq.Calle Junín-Calle Bolívar esq.Calle Santa Cruz	5	6	5	6	3	25	5	
Calle Bolívar esq.Calle Santa Cruz-Calle Bolívar esq.Calle Ballivian	7	8	9	9	10	43	9	
Calle Bolívar esq.Calle Ballivian-Calle Bolívar esq.Calle Ramón Rojas	6	8	9	9	8	40	8	

108

PARA VÍAS URBANAS DE (U)	N spf (ACCIDENTES /AÑO)						
	AÑO 2009	AÑO 2010	AÑO 2011	AÑO 2012	AÑO 2013	TOTAL	PROM
<b>TRAMOS F-G</b>							
Calle Avaroa esq.Calle Junín-Calle Avaroa esq.Calle Delgadillo	6,74	6,67	6,62	6,53	6,46	33,04	7
Calle Avaroa esq.Calle Delgadillo-Calle Avaroa esq.Calle Daniel Campos	8,24	8,16	8,09	7,99	7,90	40,38	8
Calle Avaroa esq.Calle Daniel Campos-Calle Avaroa esq.Calle Campero	5,99	5,93	5,89	5,81	5,75	29,37	6
<b>TRAMOS G-H</b>							
Calle O`Connor esq.Avaroa-Calle O`Connor esq.La Madrid	8,05	7,97	7,91	7,80	7,72	39,44	8
Calle O`Connor esq.La Madrid-Calle O`Connor esq.Bolívar	4,02	3,98	3,95	3,90	3,86	19,72	4
<b>TRAMOS H-I</b>							
Calle Bolívar esq.Calle Junín-Calle Bolívar esq.Calle Santa Cruz	5,74	5,68	5,64	5,57	5,51	28,14	6
Calle Bolívar esq.Calle Santa Cruz-Calle Bolívar esq.Calle Ballivián	19,38	19,18	19,04	18,78	18,58	94,96	19
Calle Bolívar esq.Calle Ballivián-Calle Bolívar esq.Calle Ramón Rojas	3,59	3,55	3,53	3,48	3,44	17,59	4

**Fuente.-**Elaboración Propia

Para estimación de frecuencia (**N<sub>spf s</sub>**) se utiliza la siguiente ecuación calibrada, utilizando los coeficientes de dispersión de (a=4.40, b= -0.10)

$$N_{spf s} = \exp^{(a+b \times \ln(AADT)) + LN(L)}$$

Para el valor de k y w como ya se conoce se calcula con las siguientes ecuaciones

$$k = \frac{0.234}{L}$$

K se calcula o se obtiene de los reportes de accidentes el porcentaje del mismo

$$W_{i,B} = \frac{1}{1 + (K \times \sum_{\text{years}}^{\text{Before}} N_{\text{predicted}})}$$

$$N_{\text{expected}} = W_{i,B} \times N_{\text{predicted},B} + (1 - W_{i,B}) \times N_{\text{observed},B}$$

Para el valor de Cr es la división del número de accidentes observado, con número de accidentes experimentado.

$$Cr = \frac{N_{\text{observed A}}}{N_{\text{expected A}}}$$

**Tablas 4.27.** Calibración de Cr para segmento (U)

<b>PARA VÍAS URBANAS DE (U)</b>				
<b>TRAMOS F-G</b>	k	w	N expected	Cr
Calle Avaroa esq.Calle Junín-Calle Avaroa esq.Calle Delgadillo	1,31	0,02	5	1
Calle Avaroa esq.Calle Delgadillo-Calle Avaroa esq.Calle Daniel Campos	1,07	0,02	4	1
Calle Avaroa esq.Calle Daniel Campos-Calle Avaroa esq.Calle Campero	1,48	0,02	5	1
<b>TRAMOS G-H</b>	1,286			1
Calle O`Connor esq.Avaroa-Calle O`Connor esq.La Madrid	1,07	0,02	6	1
Calle O`Connor esq.La Madrid-Calle O`Connor esq.Bolívar	2,15	0,02	15	1
<b>TRAMOS H-I</b>	1,609			1
Calle Bolívar esq.Calle Junín-Calle Bolivar esq.Calle Santa Cruz	1,48	0,02	5	1
Calle Bolívar esq.Calle Santa Cruz-Calle Bolívar esq.Calle Ballivían	0,44	0,02	9	1
Calle Bolívar esq.Calle Ballivían-Calle Bolívar esq.Calle Ramón Rojas	2,36	0,02	8	1
	1,424			1

PROMEDIO FINAL Cr= 1

**Fuente.-**Elaboración Propia

Se toma el valor de Cr=1 por que no se realizó ninguna mejora al estudio presente y como se puede evidenciar lo experimentado y lo observado da el valor de Cr =1 en las mismas condiciones.

**Tablas 4.28.** Calibración de Cr para segmento (U)

PARA VÍAS URBANAS DE (U)	Factores que Modifican accidente en el segmento					
	AMF1r	AMF2r	AMF3r	AMF4r	AMF5r	AMFtotal
<b>TRAMOS F-G</b>						
Calle Avaroa esq.Calle Junín-Calle Avaroa esq.Calle Delgadillo	1,28	0,98	1	0,93	1,00	1,17
Calle Avaroa esq.Calle Delgadillo-Calle Avaroa esq.Calle Daniel Campos	1,23	0,96	1	0,93	1,00	1,10
Calle Avaroa esq.Calle Daniel Campos-Calle Avaroa esq.Calle Campero	1,32	1	1	0,93	1,00	1,23
<b>TRAMOS G-H</b>						1,164
Calle O'Connor esq.Avaroa-Calle O'Connor esq.La Madrid	1,11	1,04	1	0,96	1,00	1,11
Calle O'Connor esq.La Madrid-Calle O'Connor esq.Bolívar	1,23	1,24	1	0,96	1,00	1,46
<b>TRAMOS H-I</b>						1,286
Calle Bolívar esq.Calle Junín-Calle Bolívar esq.Calle Santa Cruz	1,63	1,08	1	0,95	1,00	1,67
Calle Bolívar esq.Calle Santa Cruz-Calle Bolívar esq.Calle Ballivián	1,19	0,94	1	0,95	1,00	1,06
Calle Bolívar esq.Calle Ballivián-Calle Bolívar esq.Calle Ramón Rojas	1,21	1,43	1	0,95	1,00	1,64
						1,460

PROMEDIO FINAL AMF r **1,30**

**Fuente.-**Elaboración Propia

Como se puede ver en la tabla anterior se pone de manifiesto que los factores que modifican accidentes de la vía ya sea señalizaciones, giros de la vía, cámaras de velocidad, iluminaciones, etc. Se obtiene **AFMs=1.30**, ésto quiere decir un aumento de accidentes en la vía a un 30% más de lo observado.

**Tablas 4.29.** Calibración de Cr para segmento (U)

PARA VÍAS URBANAS DE (U)	calibrado				
	Cr	Nspf	N predictivo	N observados	Cr
<b>TRAMOS F-G</b>					
Calle Avaroa esq.Calle Junín-Calle Avaroa esq.Calle Delgadillo	1	7	8	5	0,628
Calle Avaroa esq.Calle Delgadillo-Calle Avaroa esq.Calle Daniel Campos	1	8	9	4	0,506
Calle Avaroa esq.Calle Daniel Campos-Calle Avaroa esq.Calle Campero	1	6	7	5	0,696
<b>TRAMOS G-H</b>			8	5	0,610
Calle O'Connor esq.Avaroa-Calle O'Connor esq.La Madrid	1	8	9	6	0,736
Calle O'Connor esq.La Madrid-Calle O'Connor esq.Bolívar	1	4	6	15	2,554
<b>TRAMOS H-I</b>			7	11	1,645
Calle Bolívar esq.Calle Junín-Calle Bolívar esq.Calle Santa Cruz	1	6	9	5	0,533
Calle Bolívar esq.Calle Santa Cruz-Calle Bolívar esq.Calle Ballivián	1	19	20	9	0,438
Calle Bolívar esq.Calle Ballivián-Calle Bolívar esq.Calle Ramón Rojas	1	4	6	8	1,365
			12	7	0,779

PROMEDIO FINAL **1,01**

**Fuente.-**Elaboración Propia

### **Análisis de la calibración del módulo de accidentes (Cr):**

Como se puede evidenciar el valor de  $Cr=1$  obtenida mediante el cálculo para la verificación si cumple con lo estipulado de mantener a condiciones base de  $Cr=1$  sin mejoras en la vía, mediante las ecuaciones calibradas para cada tipo de vía ya sea de (2U), (U) nos da un la frecuencia de accidentes de las condiciones que se tiene en el lugar de estudio, y mediante la realización de los pasos anteriores se obtiene estos números de accidentes predichos y observados, y para la obtención de Cr calibrado no es más que la división de lo observado con lo predicho por la ecuación general de highway safety, por lo que se obtuvo el valor de  $Cr=1.01$ . Ósea que hay un incremento de los accidentes a un 0.01% más de las condiciones base que se tiene, las características geográficas de la zona, por lo consiguiente, para realizar una reducción de la misma se deberá hacer mejoramientos de vía para la reducción de accidentes de la zona. Pero ésto no quiere decir que se debe de tomar ese valor, al contrario, se puede asumir teniendo en cuenta las mejoras que se van a dar a los segmentos de la vía.

Ya que en una calibración se puede cometer muchos errores, como por ejemplo al realizar el levantamiento de datos de accidentes, tráfico, etc. Se pueden cometer errores tanto en el conteo de vehículos, en reportes de accidentes que no son asentados en tránsito. Por lo consiguiente, se puede afirmar que la calibración es confiable.

#### **4.4.2.3. Para Intersecciones de Dos Sentidos (Ci).**

Para la calibración de Ci para (2U) es la misma metodología que ya se mencionaron con datos de entrada como es tráfico promedio diario (AADTmax) de la vía mayor, tráfico promedio diario (AADTmin) de la vía menor, y con la ecuación calibrada a nuestro medio del  $N_{spf\ int}$  de (2U) se obtiene esta **tabla**.

**Tablas 4.30. Calibración de Ci para Intersección (2U)**

PARA VÍAS URBANAS DE (2U)	AADT <sub>max</sub> (VEH/DIA)					
	TRAMOS A-B	AÑO 2009	AÑO 2010	AÑO 2011	AÑO 2012	AÑO 2013
Rotonda San Mateo-Rotonda Cruce Circunvalación		2945	3257	3514	4018	4477
Rotonda Cruce Circunvalacion-Rotonda del Pac		2945	3257	3514	4018	4477
Rotonda del Pac-Cruce al Mercado Campesino		2945	3257	3514	4018	4477
Cruce al Mercado Campesino-Rotonda Fe y Alegría		2945	3257	3514	4018	4477
Rotonda Fe y Alegría-Rotonda Europa		2945	3257	3514	4018	4477
<b>TRAMOS C-D</b>						
Rotonda el Verano-Rotonda Fuente de los Deseos		4050	4479	4833	5526	6157
Rotonda Fuente de los Deseos-Rotonda Chorolque		4050	4479	4833	5526	6157
Rotonda Chorolque-Rotonda Moto Méndez		4050	4479	4833	5526	6157
Rotonda Moto Méndez-Rotonda San Gerónimo		4050	4479	4833	5526	6157
Rotonda San Gerónimo-Rotonda Aeropuerto		4050	4479	4833	5526	6157
<b>TRAMOS E-F</b>						
Rotonda Parada el Chaco-Rotonda a Entrada a la Coca cola		3686	4076	4398	5028	5603
Rotonda a Entrada a la Coca cola-Pasando el Puente el Portillo		3686	4076	4398	5028	5603

PARA VÍAS URBANAS DE (2U)	AADT <sub>min</sub> (VEH/DIA)					
	TRAMOS A-B	AÑO 2009	AÑO 2010	AÑO 2011	AÑO 2012	AÑO 2013
Rotonda San Mateo-Rotonda Cruce Circunvalación		884	977	1054	1205	1343
Rotonda Cruce Circunvalacion-Rotonda del Pac		884	977	1054	1205	1343
Rotonda del Pac-Cruce al Mercado Campesino		884	977	1054	1205	1343
Cruce al Mercado Campesino-Rotonda Fe y Alegría		884	977	1054	1205	1343
Rotonda Fe y Alegría-Rotonda Europa		884	977	1054	1205	1343
<b>TRAMOS C-D</b>						
Rotonda el Verano-Rotonda Fuente de los Deseos		1215	1344	1450	1658	1847
Rotonda Fuente de los Deseos-Rotonda Chorolque		1215	1344	1450	1658	1847
Rotonda Chorolque-Rotonda Moto Méndez		1215	1344	1450	1658	1847
Rotonda Moto Méndez-Rotonda San Gerónimo		1215	1344	1450	1658	1847
Rotonda San Gerónimo-Rotonda Aeropuerto		1215	1344	1450	1658	1847
<b>TRAMOS E-F</b>						
Rotonda Parada el Chaco-Rotonda a Entrada a la Coca cola		1106	1223	1320	1509	1681
Rotonda a Entrada a la Coca cola-Pasando el Puente el Portillo		1106	1223	1320	1509	1681

PARA VÍAS URBANAS DE (2U)	ACCIDENTE POR AÑO						PROM
	AÑO 2009	AÑO 2010	AÑO 2011	AÑO 2012	AÑO 2013	TOTAL	
<b>TRAMOS A-B</b>							
Rotonda San Mateo-Rotonda Cruce Circunvalación	3	12	12	15	6	48	10
Rotonda Cruce Circunvalacion-Rotonda del Pac	3	7	12	14	5	41	8
Rotonda del Pac-Cruce al Mercado Campesino	5	10	11	15	6	47	9
Cruce al Mercado Campesino-Rotonda Fe y Alegría	3	15	13	14	7	52	10
Rotonda Fe y Alegría-Rotonda Europa	4	10	11	16	5	46	9
<b>TRAMOS C-D</b>						234	
Rotonda el Verano-Rotonda Fuente de los Deseos	7	17	20	15	7	66	13
Rotonda Fuente de los Deseos-Rotonda Chorolque	11	41	47	33	35	167	33
Rotonda Chorolque-Rotonda Moto Méndez	9	37	42	23	28	139	28
Rotonda Moto Méndez-Rotonda San Gerónimo	9	35	34	30	25	133	27
Rotonda San Gerónimo-Rotonda Aeropuerto	11	39	37	30	30	147	29
<b>TRAMOS E-F</b>						652	
Rotonda Parada el Chaco-Rotonda a Entrada a la Coca cola	4	8	8	8	3	31	6
Rotonda a Entrada a la Coca cola-Pasando el Puente el Portillo	11	22	33	34	21	121	24
						152	

**Fuente.-Elaboración Propia**

Para la estimación de frecuencia ( $N_{spf\ int}$ ) se utiliza la siguiente ecuación calibrada, utilizando los coeficientes de dispersión de ( $a= -24.48$ ,  $b=2.31$   $c=1.28$ )

$$N_{spf\ int} = \exp^{(a+b \times \ln(AADT_{maj}) + c \times \ln(AADT_{min}))}$$

**Tablas 4.31. Calibración de Ci para Intersección (2U)**

PARA VÍAS URBANAS DE (2U)	N spf (ACCIDENTES /AÑO)						
	AÑO 2009	AÑO 2010	AÑO 2011	AÑO 2012	AÑO 2013	TOTAL	PROM
<b>TRAMOS A-B</b>							
Rotonda San Mateo-Rotonda Cruce Circunvalación	14,23	20,42	26,84	43,40	64,01	169	34
Rotonda Cruce Circunvalacion-Rotonda del Pac	14,23	20,42	26,84	43,40	64,01	169	34
Rotonda del Pac-Cruce al Mercado Campesino	14,23	20,42	26,84	43,40	64,01	169	34
Cruce al Mercado Campesino-Rotonda Fe y Alegría	14,23	20,42	26,84	43,40	64,01	169	34
Rotonda Fe y Alegría-Rotonda Europa	14,23	20,42	26,84	43,40	64,01	169	34
<b>TRAMOS C-D</b>							
Rotonda el Verano-Rotonda Fuente de los Deseos	44,68	64,10	84,26	136,24	200,92	530	106
Rotonda Fuente de los Deseos-Rotonda Chorolque	44,68	64,10	84,26	136,24	200,92	530	106
Rotonda Chorolque-Rotonda Moto Méndez	44,68	64,10	84,26	136,24	200,92	530	106
Rotonda Moto Méndez-Rotonda San Gerónimo	44,68	64,10	84,26	136,24	200,92	530	106
Rotonda San Gerónimo-Rotonda Aeropuerto	44,68	64,10	84,26	136,24	200,92	530	106
<b>TRAMOS E-F</b>							
Rotonda Parada el Chaco-Rotonda a Entrada a la Coca cola	31,85	45,69	60,06	97,12	143,22	378	76
Rotonda a Entrada a la Coca cola-Pasando el Puente el Portillo	31,85	45,69	60,06	97,12	143,22	378	76

**Fuente.-Elaboración Propia**

Para el valor de k y w como ya se conoce se calcula con las siguientes ecuaciones, k se obtiene de los reportes de accidentes el porcentaje de severidad de los accidentes.

$$W_{i,B} = \frac{1}{1 + (K \times \sum_{\text{years}}^{\text{Before}} N_{\text{predicted}})}$$

$$N_{\text{expected}} = W_{i,B} \times N_{\text{predicted},B} + (1 - W_{i,B}) \times N_{\text{observed},B}$$

Para el valor de Ci es la división del número de accidentes observado con número de accidentes experimentado.

$$Ci = \frac{N_{\text{observed A}}}{N_{\text{expected A}}}$$

**Tablas 4.32.** Calibración de Ci para Intersección (2U)

<b>PARA VÍAS URBANAS DE (2U)</b>				
<b>TRAMOS A-B</b>	k	w	N expected	Ci
Rotonda San Mateo-Rotonda Cruce Circunvalación	0,590	0,010	10	1
Rotonda Cruce Circunvalacion-Rotonda del Pac	0,590	0,010	8	1
Rotonda del Pac-Cruce al Mercado Campesino	0,590	0,010	10	1
Cruce al Mercado Campesino-Rotonda Fe y Alegría	0,590	0,010	11	1
Rotonda Fe y Alegría-Rotonda Europa	0,590	0,010	9	1
<b>TRAMOS C-D</b>				1
Rotonda el Verano-Rotonda Fuente de los Deseos	0,770	0,002	13	1
Rotonda Fuente de los Deseos-Rotonda Chorolque	0,770	0,002	34	1
Rotonda Chorolque-Rotonda Moto Méndez	0,770	0,002	28	1
Rotonda Moto Méndez-Rotonda San Gerónimo	0,770	0,002	27	1
Rotonda San Gerónimo-Rotonda Aeropuerto	0,770	0,002	30	1
<b>TRAMOS E-F</b>				1
Rotonda Parada el Chaco-Rotonda a Entrada a la Coca cola	0,500	0,005	7	1
Rotonda a Entrada a la Coca cola-Pasando el Puente el Portillo	0,500	0,005	24	1
	0,620			1
PROMEDIO FINAL Ci=				<b>1</b>

**Fuente.-**Elaboración Propia



Se toma el valor de  $C_i=1$  por que no se realizó ninguna mejora al estudio presente y como se puede evidenciar lo experimentado y lo observado nos da el valor de  $C_i = 1$  en las mismas condiciones

**Tablas 4.33.** Calibración de  $C_i$  para Intersección (2U)

PARA VÍAS URBANAS DE (2U)	Factores que Modifican accidente en la interseccion						
TRAMOS A-B	AMF1i	AMF2i	AMF3i	AMF4i	AMF5i	AMF6i	AMFtotal
Rotonda San Mateo-Rotonda Cruce Circunvalación	0,93	1,00	0,96	0,98	0,89	0,94	0,73
Rotonda Cruce Circunvalacion-Rotonda del Pac	0,93	1,00	0,96	0,98	0,89	0,94	0,82
Rotonda del Pac-Cruce al Mercado Campesino	0,93	1,00	0,96	0,98	0,89	0,94	0,82
Cruce al Mercado Campesino-Rotonda Fe y Alegría	0,93	1,00	0,96	0,98	0,89	0,94	0,82
Rotonda Fe y Alegría-Rotonda Europa	0,93	1,00	0,96	0,98	0,89	0,94	0,82
<b>TRAMOS C-D</b>	0,804						
Rotonda el Verano-Rotonda Fuente de los Deseos	0,93	1	0,96	0,98	0,9	0,91	0,80
Rotonda Fuente de los Deseos-Rotonda Chorolque	0,93	1	0,96	0,98	0,9	0,91	0,80
Rotonda Chorolque-Rotonda Moto Méndez	0,93	1	0,96	0,98	0,9	0,91	0,80
Rotonda Moto Méndez-Rotonda San Gerónimo	0,93	1	0,96	0,98	0,9	0,91	0,80
Rotonda San Gerónimo-Rotonda Aeropuerto	0,93	1	0,96	0,98	0,9	0,91	0,80
<b>TRAMOS E-F</b>	0,796						
Rotonda Parada el Chaco-Rotonda a Entrada a la Coca cola	0,93	1	0,96	0,98	0,88	1,04	0,91
Rotonda a Entrada a la Coca cola-Pasando el Puente el Portillo	0,93	1	0,96	0,98	0,88	1,04	0,91
	0,910						

PROMEDIO FINAL AMF r= **0,837**

**Fuente.-**Elaboración Propia

Como se puede apreciar en la tabla anterior se evidencian los factores que modifican accidentes de la vía ya sea señalizaciones, giros de la vía, cámaras de velocidad, iluminaciones, etc. Por lo que se obtiene **AMFs=0.837**, lo que quiere decir un decremento de accidentes en la vía a un 14%% menos de lo observado, porque se vio un mayor control en las intersecciones con la semaforización, señalizaciones etc.

**Tablas 4.34. Calibración de Ci para Intersección (2U)**

PARA VÍAS URBANAS DE (2U)					calibrado	
TRAMOS A-B	Ci	Nspf	N predictivo	N obseados	Ci	
Rotonda San Mateo-Rotonda Cruce Circunvalación	1	34	24	10	0,398	
Rotonda Cruce Circunvalacion-Rotonda del Pac	1	34	27	8	0,304	
Rotonda del Pac-Cruce al Mercado Campesino	1	34	27	9	0,347	
Cruce al Mercado Campesino-Rotonda Fe y Alegría	1	34	27	10	0,383	
Rotonda Fe y Alegría-Rotonda Europa	1	34	27	9	0,340	
<b>TRAMOS C-D</b>			26	9	0,354	PROMEDIO
Rotonda el Verano-Rotonda Fuente de los Deseos	1	106	83	13	0,159	
Rotonda Fuente de los Deseos-Rotonda Chorolque	1	106	84	33	0,398	
Rotonda Chorolque-Rotonda Moto Méndez	1	106	84	28	0,332	
Rotonda Moto Méndez-Rotonda San Gerónimo	1	106	84	27	0,317	
Rotonda San Gerónimo-Rotonda Aeropuerto	1	106	84	29	0,350	
<b>TRAMOS E-F</b>			84	26	0,311	PROMEDIO
Rotonda Parada el Chaco-Rotonda a Entrada a la Coca cola	1	76	65	6	0,095	
Rotonda a Entrada a la Coca cola-Pasando el Puente el Portillo	1	76	68	24	0,356	
			66	15	0,226	PROMEDIO
					PROMEDIO FINAL Ci=	<b>0,297</b>

**Fuente.-Elaboración Propia**

**Análisis de la calibración del módulo de accidentes (Ci):**

Como evidenciar el valor de Ci=1 obtenida mediante el cálculo para la verificación si cumple con lo estipulado de mantener en condiciones base de Ci=1 sin mejoras en la vía, mediante las ecuaciones calibradas para cada tipo de vía ya sea de (2U), (U) nos da un la frecuencia de accidentes de las condiciones que se tiene en el lugar de estudio. Mediante la realización de los pasos anteriores se obtienen estos números de accidentes predichos y observados, y para la obtención de Ci calibrado se hace la división de lo observado con lo predicho por la ecuación general de highway safety. Con eso obtuvimos el valor de Ci=0.3. Osea que hay un decremento de los accidentes a un 70% menos de las condiciones base que se tiene, las características geográficas de la zona; por lo consiguiente, para realizar una reducción de la misma se deberá hacer mejoramientos de vía para disminuir accidentes de la zona. Esto no quiere decir que se debe de tomar ese valor al contrario se puede asumir teniendo en cuenta las mejoras que se va a dar a los segmentos de la vía.

Ya que en una calibración se pueden cometer muchos errores, como por ejemplo al realizar el levantamiento de datos de accidentes, tanto en el conteo de vehículos, como en reportes, de accidentes que no son asentados en tránsito, por lo consiguiente se puede inferir que la calibración es confiable.

#### 4.4.2.4. Para Intersecciones de Un Sentidos (Ci).

Para la calibración de Ci para (U) se usa la misma metodología que ya mencionamos con datos de entrada como es tráfico promedio diario (AADT<sub>max</sub>) de la vía mayor, tráfico promedio diario (AADT<sub>min</sub>) de la vía menor, y con la ecuación calibrada a nuestro medio del  $N_{spf\ int}$  de (U) se obtiene esta **tabla 4.35**

**Tablas 4.35.** Calibración de Ci para intersección (U)

PARA VÍAS URBANAS DE (U)	AADT <sub>max</sub> (VEH/DIA)				
	AÑO 2009	AÑO 2010	AÑO 2011	AÑO 2012	AÑO 2013
<b>TRAMOS F-G</b>					
Calle Avaroa esq. Calle Junín-Calle Avaroa esq. Calle Delgadillo	2368	2619	2826	3231	3600
Calle Avaroa esq. Calle Delgadillo-Calle Avaroa esq. Calle Daniel Campos	2368	2619	2826	3231	3600
Calle Avaroa esq. Calle Daniel Campos-Calle Avaroa esq. Calle Campero	2368	2619	2826	3231	3600
<b>TRAMOS G-H</b>					
Calle O'Connor esq. Avaroa-Calle O'Connor esq. La Madrid	3000	3317	3580	4092	4560
Calle O'Connor esq. La Madrid-Calle O'Connor esq. Bolívar	3000	3317	3580	4092	4560
<b>TRAMOS H-I</b>					
Calle Bolívar esq. Calle Junín-Calle Bolívar esq. Calle Santa Cruz	3631	4015	4333	4954	5520
Calle Bolívar esq. Calle Santa Cruz-Calle Bolívar esq. Calle Ballivián	3631	4015	4333	4954	5520
Calle Bolívar esq. Calle Ballivián-Calle Bolívar esq. Calle Ramón Rojas	3631	4015	4333	4954	5520

PARA VÍAS URBANAS DE (U)	AADT <sub>min</sub> (VEH/DIA)				
	AÑO 2009	AÑO 2010	AÑO 2011	AÑO 2012	AÑO 2013
<b>TRAMOS F-G</b>					
Calle Avaroa esq.Calle Junín-Calle Avaroa esq.Calle Delgadillo	710	786	848	969	1080
Calle Avaroa esq.Calle Delgadillo-Calle Avaroa esq.Calle Daniel Campos	710	786	848	969	1080
Calle Avaroa esq.Calle Daniel Campos-Calle Avaroa esq.Calle Campero	710	786	848	969	1080
<b>TRAMOS G-H</b>					
Calle O'Connor esq.Avaroa-Calle O'Connor esq.La Madrid	900	995	1074	1228	1368
Calle O'Connor esq.La Madrid-Calle O'Connor esq.Bolívar	900	995	1074	1228	1368
<b>TRAMOS H-I</b>					
Calle Bolívar esq.Calle Junín-Calle Bolívar esq.Calle Santa Cruz	1089	1205	1300	1486	1656
Calle Bolívar esq.Calle Santa Cruz-Calle Bolívar esq.Calle Ballivián	1089	1205	1300	1486	1656
Calle Bolívar esq.Calle Ballivián-Calle Bolívar esq.Calle Ramón Rojas	1089	1205	1300	1486	1656

PARA VÍAS URBANAS DE (U)	ACCIDENTE POR AÑO						
	AÑO 2009	AÑO 2010	AÑO 2011	AÑO 2012	AÑO 2013	TOTAL	PROM
<b>TRAMOS F-G</b>							
Calle Avaroa esq.Calle Junín-Calle Avaroa esq.Calle Delgadillo	12	11	11	12	12	58	12
Calle Avaroa esq.Calle Delgadillo-Calle Avaroa esq.Calle Daniel Campos	11	10	8	10	10	49	10
Calle Avaroa esq.Calle Daniel Campos-Calle Avaroa esq.Calle Campero	11	11	9	10	9	50	10
<b>TRAMOS G-H</b>						157	
Calle O'Connor esq.Avaroa-Calle O'Connor esq.La Madrid	8	10	11	10	10	49	10
Calle O'Connor esq.La Madrid-Calle O'Connor esq.Bolívar	33	20	25	22	19	119	24
<b>TRAMOS H-I</b>						168	
Calle Bolívar esq.Calle Junín-Calle Bolívar esq.Calle Santa Cruz	4	5	6	5	5	25	5
Calle Bolívar esq.Calle Santa Cruz-Calle Bolívar esq.Calle Ballivián	15	13	13	12	14	67	13
Calle Bolívar esq.Calle Ballivián-Calle Bolívar esq.Calle Ramón Rojas	14	13	13	11	15	66	13

158

**Fuente.-Elaboración Propia**

Para estimación de frecuencia ( $N_{spf\ int}$ ) se utiliza la siguiente ecuación calibrada utilizando los coeficientes de dispersión de ( $a=0.311$ ,  $b=0.245$   $c=0.175$ )

$$N_{spf\ int} = \exp^{(a+b \times \ln(AADT_{maj})+c \times \ln(AADT_{min}))}$$

**Tablas 4.36. Calibración de Ci para intersección (U)**

PARA VÍAS URBANAS DE (U)	N spf (ACCIDENTES /AÑO)						
	AÑO 2009	AÑO 2010	AÑO 2011	AÑO 2012	AÑO 2013	TOTAL	PROM
<b>TRAMOS F-G</b>							
Calle Avaroa esq.Calle Junín-Calle Avaroa esq.Calle Delgadillo	28,90	30,14	31,12	32,92	34,45	158	32
Calle Avaroa esq.Calle Delgadillo-Calle Avaroa esq.Calle Daniel Campos	28,90	30,14	31,12	32,92	34,45	158	32
Calle Avaroa esq.Calle Daniel Campos-Calle Avaroa esq.Calle Campero	28,90	30,14	31,12	32,92	34,45	158	32
<b>TRAMOS G-H</b>							
Calle O'Connor esq.Avaroa-Calle O'Connor esq.La Madrid	31,91	33,29	34,37	36,36	38,05	174	35
Calle O'Connor esq.La Madrid-Calle O'Connor esq.Bolívar	31,91	33,29	34,37	36,36	38,05	174	35
<b>TRAMOS H-I</b>							
Calle Bolívar esq.Calle Junín-Calle Bolívar esq.Calle Santa Cruz	34,58	36,07	37,24	39,39	41,23	189	38
Calle Bolívar esq.Calle Santa Cruz-Calle Bolívar esq.Calle Ballivián	34,58	36,07	37,24	39,39	41,23	189	38
Calle Bolívar esq.Calle Ballivián-Calle Bolívar esq.Calle Ramón Rojas	34,58	36,07	37,24	39,39	41,23	189	38

**Fuente.-Elaboración Propia**

Para el valor de k y w como ya se conoce se calcula con las siguientes ecuaciones, k se obtiene de los reportes de accidentes el porcentaje de severidad de los accidentes.

$$W_{i,B} = \frac{1}{1 + (K \times \sum_{\text{years}}^{\text{Before}} N_{\text{predicted}})}$$

$$N_{\text{expected}} = W_{i,B} \times N_{\text{predicted},B} + (1 - W_{i,B}) \times N_{\text{observed},B}$$

Para el valor de Ci es la división del número de accidentes observado con número de accidentes experimentado.

$$Ci = \frac{N_{\text{observed A}}}{N_{\text{expected A}}}$$

**Tablas 4.37. Calibración de Ci para intersección (U)**

PARA VÍAS URBANAS DE (U)				
TRAMOS F-G	k	w	N expected	Ci
Calle Avaroa esq.Calle Junín-Calle Avaroa esq.Calle Delgadillo	0,690	0,009	12	1
Calle Avaroa esq.Calle Delgadillo-Calle Avaroa esq.Calle Daniel Campos	0,690	0,009	10	1
Calle Avaroa esq.Calle Daniel Campos-Calle Avaroa esq.Calle Campero	0,690	0,009	10	1
TRAMOS G-H				1
Calle O`Connor esq.Avaroa-Calle O`Connor esq.La Madrid	0,610	0,009	10	1
Calle O`Connor esq.La Madrid-Calle O`Connor esq.Bolívar	0,610	0,009	24	1
TRAMOS H-I				1
Calle Bolívar esq.Calle Junín-Calle Bolívar esq.Calle Santa Cruz	0,590	0,009	5	1
Calle Bolívar esq.Calle Santa Cruz-Calle Bolívar esq.Calle Ballivián	0,590	0,009	14	1
Calle Bolívar esq.Calle Ballivián-Calle Bolívar esq.Calle Ramón Rojas	0,590	0,009	13	1
	0,593			1

PROMEDIO FINAL Ci= 1

**Fuente.-Elaboración Propia**

Se toma el valor de Ci=1 por que no se realizaron mejoras al estudio presente y como se puede evidenciar lo experimentado y lo observado nos da el valor de Cr =1 en las mismas condiciones

**Tablas 4.38. Calibración de Ci para intersección (U)**

PARA VÍAS URBANAS DE (U)	Factores que Modifican accidente en la interseccion						
	AMF1i	AMF2i	AMF3i	AMF4i	AMF5i	AMF6i	AMFtotal
TRAMOS F-G							
Calle Avaroa esq.Calle Junín-Calle Avaroa esq.Calle Delgadillo	1	1	1	0,98	0,89	1,01	0,99
Calle Avaroa esq.Calle Delgadillo-Calle Avaroa esq.Calle Daniel Campos	1	1	1	0,98	0,89	1,01	0,99
Calle Avaroa esq.Calle Daniel Campos-Calle Avaroa esq.Calle Campero	1	1	1	0,98	0,89	1,01	0,99
TRAMOS G-H							0,990
Calle O`Connor esq.Avaroa-Calle O`Connor esq.La Madrid	1	1	1	0,98	0,89	1,01	0,99
Calle O`Connor esq.La Madrid-Calle O`Connor esq.Bolívar	1	1	1	0,98	0,89	1,01	0,99
TRAMOS H-I							0,990
Calle Bolívar esq.Calle Junín-Calle Bolívar esq.Calle Santa Cruz	1	1	1	0,98	0,89	0,94	0,92
Calle Bolívar esq.Calle Santa Cruz-Calle Bolívar esq.Calle Ballivián	1	1	1	0,98	0,89	0,94	0,92
Calle Bolívar esq.Calle Ballivián-Calle Bolívar esq.Calle Ramón Rojas	1	1	1	0,98	0,89	0,94	0,92
	0,921						

PROMEDIO FINAL AMF r= 0,967

**Fuente.-Elaboración Propia**

Como se puede apreciar en la tabla anterior, se evidencia que los factores que modifican accidentes de la vía ya sea señalizaciones, giros de la vía, cámaras de velocidad, iluminaciones, etc. Por lo que se obtiene **AFMs=0.967**; ésto implica un decremento de accidentes en la vía a un 3 % menos de lo observado; esto es porque se dio un mayor control en las intersecciones con la semaforización, señalizaciones etc.

**Tablas 4.39.** Calibración de Ci para intersección (U)

PARA VÍAS URBANAS DE (U)	calibrado				
TRAMOS F-G	Ci	Nspf	N predictivo	N obsevados	Ci
Calle Avaroa esq.Calle Junín-Calle Avaroa esq.Calle Delgadillo	0,985	32	31	7	0,236
Calle Avaroa esq.Calle Delgadillo-Calle Avaroa esq.Calle Daniel Campos	0,980	32	31	6	0,200
Calle Avaroa esq.Calle Daniel Campos-Calle Avaroa esq.Calle Campero	0,981	32	31	6	0,204
<b>TRAMOS G-H</b>			31	7	0,214
Calle O'Connor esq.Avaroa-Calle O'Connor esq.La Madrid	0,977	35	34	6	0,182
Calle O'Connor esq.La Madrid-Calle O'Connor esq.Bolívar	0,996	35	34	15	0,434
<b>TRAMOS H-I</b>			34	11	0,308
Calle Bolívar esq.Calle Junín-Calle Bolívar esq.Calle Santa Cruz	0,945	38	33	3	0,095
Calle Bolívar esq.Calle Santa Cruz-Calle Bolívar esq.Calle Balliván	0,984	38	34	8	0,245
Calle Bolívar esq.Calle Balliván-Calle Bolívar esq.Calle Ramón Rojas	0,984	38	34	8	0,241
			34	7	0,194

PROMEDIO

PROMEDIO

PROMEDIO

PROMEDIO FINAL Ci= **0,238**

**Fuente.-**Elaboración Propia

### **Análisis de la calibración del módulo de accidentes (Ci):**

Como se manifiesta, el valor de Ci=0.238 obtenido mediante el cálculo, utilizando las ecuaciones calibradas para cada tipo de vía, ya sea de (2U), (U) da un decremento de accidentes de un 75 % menos de lo estimado ésto es por las condiciones que se tienen la vía actuales en parte a la intersección, y las características geográficas de la zona. En este caso se puede inferir que existe variación para el cálculo de accidentes ya que ésta va a modificar los accidentes estimados, por lo tanto se deberán realizar mejoras en las intersecciones para evitar accidentes de tránsito. Para logra una reducción de la misma se deberá hacer mejoramientos de la intersección, por ejemplo colocar señalizaciones, cámaras de velocidad, cámaras de registro de accidentes de la intersección. Esto no quiere decir que se debe de

tomar ese valor, al contrario, se puede asumir teniendo en cuenta las mejoras que se va a dar a la intersección.

Ya que en una calibración se pueden cometer muchos errores, como por ejemplo al realizar el levantamiento de datos de accidentes, tráfico, etc. Se puede cometer errores tanto en el conteo de vehículos, en reportes de accidentes que no son asentados en tránsito, por lo consiguiente se establece que la calibración es confiable.

#### 4.5. ECUACIÓN CALIBRADA FINAL PARA SU UTILIZACIÓN

Una vez calibrados los módulos se indica que se tienen ecuaciones generales, para la estimación de accidentes en nuestro medio teniendo en cuenta que éstas deben cumplir con las mismas características de las zonas en que se usaron, y para su utilización en nuestro medio tanto para vías de dos sentidos de ida y vuelta (2U), y de un solo sentido de ida o de vuelta (U).

Para su mayor comprensión se mostrarán dichas ecuaciones con sus respectivas calibraciones tanto para (2U), (U), separados en dos casos siguientes:

##### 4.5.1. Para Segmentos de Dos Sentidos (2U) y Un Sentido (U)

**Tablas 4.40.** Coeficientes de la Calibración del Factor de Frecuencia  $N_{spf}$  s

Tipo camino	Coeficiente		Overdispersion parameter (k)
	Intercept (a)	AADT (b)	
Accidentes totales			
U	4.40	-0.10	1.44
2U	-9.23	1.44	0.53

**Fuente.-**Elaboración Propia

$$N_{spf} = \exp^{(a+b \times \ln(AADT) + \ln(L))}$$



$$N_{\text{predicted } s} = (N_{\text{spf } s} \times (\text{AMF}_{1r} \times \text{AMF}_{2r} \times \dots \times \text{AMF}_{yr})) \times C_r$$

**Nspf s**= Frecuencia de accidentes promedio por millón de vehículos / año

**AMF1r**= Dependerán de la geometría de la vía sus características; ese factor de modificación de accidentes dependerá de la zona de estudio variable.

**Cr**= es un factor de reducción o aumento de accidentes que dependerá del número de accidentes, de la zona de estudio variable si éste es mayor que 1: aumento de accidentes si es menor reducción de accidentes, y si es igual entonces no estamos cambiando nada en la zona de estudio. Según nuestra calibración se tiene que **Cr (2U) =0.97, Cr (U) =1.01**

#### 4.5.2. Para Intersecciones de Dos Sentidos (2U), y Un Sentido (U).

**Tablas 4.41.** Coeficientes de la Calibración del Factor de Frecuencia **Nspf int**

Intersection type	Coefficients used in Equation 12-24			Over-dispersion parameter (k)
	Intercept (a)	AADT <sub>maj</sub> (b)	AADT <sub>min</sub> (c)	
Total crashes				
U	0.311	0.245	0.175	0.59
2U	-24.48	2.31	1.28	0.62

**Fuente.-**Elaboración Propia

$$N_{\text{spf int}} = \exp^{(a+b \times \ln(\text{AADT}_{\text{maj}})+c \times \ln(\text{AADT}_{\text{min}}))}$$

$$N_{\text{predicted int}} = (N_{\text{spf int}} \times (\text{AMF}_{1i} \times \text{AMF}_{2i} \times \dots \times \text{AMF}_{yi})) \times C_i$$

**Nspf s**= frecuencia de accidentes promedio por millón de vehículos / año

**AMF1r**= Dependerá de la geometría de la vía sus características de la misma ese factor de modificación de accidentes dependerá de la zona de estudio variable.

$Cr=$  es un factor de reducción o aumento de accidentes que dependerá del número de accidentes, de la zona de estudio variable si éste es mayor a 1: aumento de accidentes si es menor reducción de accidentes y si es igual entonces no estamos cambiando nada en la zona de estudio. Según nuestra calibración se tiene que  $Ci (2U) = 0.30$ ,  $Ci (U) = 0.24$

#### 4.6. APLICACIÓN DE LA CALIBRACIÓN DE LOS MÓDULOS DE ACCIDENTES DE ACUERDO AL MANUAL HIGHWAY SAFETY

Para este caso realizaremos una demostración del uso, aplicación del manual HIGHWAY SAFETY a nuestro medio ya calibrado para un periodo de estudio de 5 años a futuro para una ruta de dos sentidos (2U), tomando en cuenta las características de la zona actuales, y estimando el número de accidentes por año en un tramo.

Para los demás tramos se realizó la subdivisión por intersecciones de acuerdo a los puntos más críticos de los 6 tramos de estudio como se podrá ver en **ANEXO IV**.

**TRAMO** (Rotonda San Mateo-Rotonda Cruce Circunvalación)

#### Datos de Entrada

**Tablas 4.42.** Datos de Entrada

AADTmax (VEH/DÍA)					
AÑO 2009	AÑO 2010	AÑO 2011	AÑO 2012	AÑO 2013	L(millas)
2945	3257	3514	4018	4477	0,65
AADTmin (VEH/DÍA)					
AÑO 2009	AÑO 2010	AÑO 2011	AÑO 2012	AÑO 2013	
884	977	1054	1205	1343	

ACCIDENTE POR AÑO DEL SEGMENTO						
AÑO 2009	AÑO 2010	AÑO 2011	AÑO 2012	AÑO 2013	TOTAL	PROM
3	8	8	9	4	32	6

ACCIDENTE POR AÑO DE LA INTERSECCIÓN						
AÑO 2009	AÑO 2010	AÑO 2011	AÑO 2012	AÑO 2013	TOTAL	PROM
3	12	12	15	6	48	10

**Fuente.-**Elaboración Propia

## Datos Geométricos y sus Características

**Tablas 4.43.** Datos Geométricos y sus Características

DATOS GEOMETRICO DEL AREA DE ESTUDIO	
DESCRIPCIONES	TRAMO
La longitud de segmento, L (millas)	0.65
La ancho de carril (pie)	12
Tipo de Aparcamiento (Paralelo/angular)	paralelo
Longitud de restricción del parcamiento de la calle o avenida para ambos lados (millas)	0.42
Numero de objetos para ambos lado del camino	13
Densidad de objetos para ambos lado del camino (obj/milla)	2
Compensacion de objetos (pies)	10
Ancho del medio (pie)	23
Iluminación en la carretera (presenta/no presentan)	presenta
Sistema automática de la vel. (presenta/no presentan)	No presenta
Numero de intersecciones a ambos lados	1
Intersecciones a la izquierda (presenta/no presenta)	presenta
Numero de acercamientos	1
Intersecciones a la izquierda señalado (protegido,protegido/permitido perimitivo/protegido,permitido)	protegido
Numero de acercamientos	1
Intersecciones a la derecha (presenta/no presenta)	presenta
Numero de acercamientos	1

**Fuente.-**Elaboración Propia

**Tablas 4.44.** Restricción de Aparcamiento

Restricción de Aparcamiento		
ZONA	Longitud(m)	Longitud(millas)
Industrial	0	0,00
Institucional	102,6	0,06
Comerciales	252,51	0,16
Residenciales	125,9	0,08
Calles de interseccion	190,4	0,12
Total	671,41	0,42

**Fuente.-**Elaboración Propia

#### 4.6.1. Para el Segmento

Fórmula de Condiciones Base (función de performance de seguridad Nspf s)

$$N_{spfs} = \exp^{(a+b \times \ln(AADT)+LN(L))}$$

$$N_{spfs\ 2009} = \exp^{(-0.97+1.8 \times \ln(2945)+LN(0.65))}$$

**N<sub>spf rs2009</sub> = 6.31 Accidentes de vehículos/año**

$$N_{spfs\ 2010} = \exp^{(-0.97+1.8 \times \ln(3257)+LN(0.65))}$$

**N<sub>spf rs2010</sub> = 7.30 Accidentes de vehículos/año**

$$N_{spfs\ 2011} = \exp^{(-0.97+1.8 \times \ln(3514)+LN(0.65))}$$

**N<sub>spf rs2011</sub> = 8.14 Accidentes de vehículos/año**

$$N_{spfs\ 2012} = \exp^{(-0.97+1.8 \times \ln(4018)+LN(0.65))}$$

**N<sub>spf rs2012</sub> = 9.88 Accidentes de vehículos/año**

$$N_{spfs\ 2013} = \exp^{(-0.97+1.8 \times \ln(4477)+LN(0.65))}$$

**N<sub>spf rs2012</sub> = 11.54 Accidentes de vehículos/año**

**N<sub>spf rs TOTAL</sub> = 43 Accidentes de vehículos/año para los 5 años**

$$N_{\text{spf rs TOTAL}} = \frac{43}{5} \text{ Accidentes de vehículos/año}$$

$$N_{\text{spf rs TOTAL}} = 9 \text{ Accidentes de vehículos/año}$$

### Condiciones Locales Geográficas de La Zona (Cr)

$$Cr = 0.97$$

### Factores que Modifican Accidente (AMFs)

#### -Estacionamiento de Calles AMF<sub>1r</sub>

$$P_{pk} = \frac{0.5 \times L_{pk}}{L}$$

$$L_{pk} = 0.42 \text{ millas}$$

$$P_{pk} = \frac{0.5 \times 0.42}{0.65}$$

$$P_{pk} = 0.32$$

Tipo camino	Tipo de aparcamiento			
	Aparcamiento paralelo		Aparcamiento con angulo	
	Residenciales /Otros	Comercial Industrial / Institucional	Residenciales /Otros	Comercial Industrial / Institucional
2U	1.465	2.074	3.428	4.853
3T	1.465	2.074	3.428	4.853
4U	1.100	1.709	2.574	3.999
4D	1.100	1.709	2.574	3.999
5T	1.100	1.709	2.574	3.999

$f_{pk} = 2.074$  porque está en una zona Comercial residencial e institucional

$$AMF_{1r} = 1 + P_{pk} \times (f_{pk} - 1)$$

$$AMF_{1r} = 1 + 0.32 \times (2.074 - 1)$$

$$AMF_{1r} = 1.34$$

**- Objetos Fijos a Cada Lado de la Calle AMF<sub>2r</sub>**

$$D_{fo} = 2 \text{ Objetos /milla}$$

Compensacion objeto fijo ( $O_{fo}$ ) (ft)	Factor Objeto fijo ( $f_{offset}$ )
2	0.232
5	0.133
10	0.087
15	0.068
20	0.057
25	0.049
30	0.044

$O_{fo} = 10$  pie aproximadamente la compensacion de objetos en el tramo

$$f_{offset} = 0.087$$

TIPOS DE ACCIDENTE PARA LOS 5 AÑOS DE ESTUDIO			
OBJETO FIJO	48	12.2	%
PEATON	67	17.0	%
C/VEHÍCULO	252	64.0	%
VUELCO	4	1.0	%
OTROS	23	5.8	%
TOTAL	394	100.0	%

$$p_{fo} = 0.122$$

$$AMF_{2r} = f_{offset} \times D_{fo} \times p_{fo} + (1 - p_{fo})$$

$$AMF_{2r} = 0.087 \times 2 \times 0.122 + (1 - 0.122)$$

$$AMF_{2r} = 0.91$$

**-Ancho del Medio AMF3r**

Ancho del medio = 23 pies

**AMF<sub>3r</sub> = interpolando de 20 a 30 para encontrar de 23**

Ancho del Medio(ft)	AMF
10	1.01
15	1.00
20	0.99
30	0.98
40	0.97
50	0.96
60	0.95
70	0.94
80	0.93
90	0.93
100	0.92

$$\mathbf{AMF_{3r} = 0.987}$$

**- Iluminación AMF4r**

$$\mathbf{AMF_{4r} = 1 - (p_{nr} \times (1 - 0.72 \times p_{inr} - 0.83 \times p_{pnr}))}$$

Carretera Tipo de segmento	Proporción total de accidentes por la noche a nivel de severidad		Proporción de accidentes por la noche
	Fatal y Lesion $p_{inr}$	PDO $p_{pnr}$	$p_{nr}$
2U	0.642	0.457	0.277

$$p_{nr} = 0.277$$

$$p_{inr} = 0.642$$

$$p_{pnr} = 0.457$$

$$\mathbf{AMF_{4r} = 1 - (0.277 \times (1 - 0.72 \times 0.642 - 0.83 \times 0.457))}$$

$$\mathbf{AMF_{4r} = 0.96}$$

**-Sistema Automatizado de Entrada de Velocidad AMF5r**

$$\mathbf{AMF_{5r} = 1}$$

### Factores que Modifican Accidente Total:

$$AMF_{rsTOTAL} = AMF_{1r} * AMF_{2r} * AMF_{3r} * AMF_{4r} * AMF_{5r}$$

$$AMF_{rsTOTAL} = 1.34 * 0.91 * 0.987 * 0.96 * 1$$

$$AMF_{rsTOTAL} = 1.15$$

**Formula general** (método de predictivo)

$$N_{pedx} = 0 \quad N_{bikex} = 0$$

No se tomó en cuenta ya que no se contaba con estos datos en el estudio.

$$N_{predicted} = (N_{spf s} \times (AMF_{1x} \times AMF_{2x} \times \dots \times AMF_{yx}) + N_{pedx} + N_{bikex}) \times C_x$$

$$N_{predicted} = (9 \times (1.15) + 0 + 0) \times 0.97$$

$$N_{predicted} = 10 \text{ Accidentes de vehículos/año}$$

#### 4.6.2. Para las Intersecciones

**Fórmula de Condiciones Base** (Factor de Performance de Seguridad SPFint))

$$N_{spf \text{ int } 2009} = \exp^{(a+b \times \ln(AADT_{maj})+c \times \ln(AADT_{min}))}$$

$$N_{spf \text{ int } 2009} = \exp^{(-24.48+2.31 \times \ln(2945)+1.28 \times \ln(884))}$$



$$N_{\text{spf rs}2009} = 14.23 \text{ Accidentes de vehículos/año}$$

$$N_{\text{spf int }2010} = \exp^{(-24.48+2.31 \times \ln(3257)+1.28 \times \ln(977))}$$

$$N_{\text{spf rs}2010} = 20.42 \text{ Accidentes de vehículos/año}$$

$$N_{\text{spf int }2011} = \exp^{(-24.48+2.31 \times \ln(3514)+1.28 \times \ln(1054))}$$

$$N_{\text{spf rs}2011} = 26.84 \text{ Accidentes de vehículos/año}$$

$$N_{\text{spf int }2012} = \exp^{(-24.48+2.31 \times \ln(4018)+1.28 \times \ln(1205))}$$

$$N_{\text{spf rs}2012} = 43.40 \text{ Accidentes de vehículos/año}$$

$$N_{\text{spf int }2013} = \exp^{(-24.48+2.31 \times \ln(4447)+1.28 \times \ln(1343))}$$

$$N_{\text{spf rs}2013} = 64.01 \text{ Accidentes de vehículos/año}$$

$$N_{\text{spf int TOTAL}} = 169 \text{ Accidentes de vehículos/año para los 5 años}$$

$$N_{\text{spf int TOTAL}} = \frac{169}{5} \text{ Accidentes /año}$$

$$N_{\text{spf int TOTAL}} = 34 \text{ Accidentes de vehículos/año}$$

**Condiciones Locales Geográficas de La Zona (Ci)**

$$Ci = 0.30$$

**- Intersección Izquierdo AMF1i**

El tipo de la intersección		El número de acercamientos con izquierdo-vuelta las sendas			
		1 Acercamiento	2 Acercamiento	3 Acercamiento	4 Acercamiento
La intersección de la tres-pierna	El mando de parada de camino menor	0.67	0.45	----	----
	El semáforo	0.93	0.86	0.8	----
La intersección de la cuatro-pierna	El mando de parada de camino menor	0.73	0.53	----	----
	El semáforo	0.9	0.81	0.73	0.66

$$AMF_{1i} = 0.93$$

**- Intersección Izquierdo Señal de Vuelta AMF2i**

Tipo de giro escalonado señalado	AMF <sub>2i</sub>
Protegido	1.00
Protegido/Permitido o Permitido/Protegido	0.99
Permitido	0.94

$$AMF_{2i} = 1$$

**- Intersección Derecho AMF3i**

El tipo de la intersección		El número de acercamientos con derecho-vuelta las sendas			
		1 Acercamiento	2 Acercamiento	3 Acercamiento	4 Acercamiento
La intersección de la tres-pierna	El mando de parada de camino menor	0.86	0.74	----	----
	El semáforo	0.96	0.92	0.8	----
La intersección de la cuatro-pierna	El mando de parada de camino menor	0.86	0.74	----	----
	El semáforo	0.96	0.92	0.88	0.85

$$AMF_{3i} = 0.96$$

**- Giro Correcto en la Red AMF4i**

$$AMF_{4i} = 0.98^{(n_{prohib})}$$

$$AMF_{4i} = 0.98^{(1)}$$

$$AMF_{4i} = 0.98$$

**- Iluminación AMF5i**

Tipo Interseccion	Proporciones de Accidente por la noche	
	P <sub>ni</sub>	
2U	0.277	

$$AMF_{5i} = 1 - 0.38 \times p_{ni}$$

$$AMF_{5i} = 1 - 0.38 \times 0.277$$

$$AMF_{5i} = 0.89$$

**- Cámaras de luz Ligeras AMF6i**

TIPO DE COLISION PARA LOS 5 AÑOS DE ESTUDIO			
Colisiones traseras	19	4.8	%
Colisiones frontales	110	27.9	%
Colisiones transversales	14	3.6	%
Colisiones laterales	1	0.3	%
Colisiones en cadena	1	0.3	%
Colisiones desconocidas	108	27.4	%
Total accidente del tramo 394 (acc/año)	253	64.2	%

$$p_{ra} = 0.048 \quad p_{re} = 0.279$$

$$\mathbf{AMF_{6i} = 1 - p_{ra} \times (1 - 0.74) - p_{re} \times (1 - 1.18)}$$

$$AMF_{6i} = 1 - 0.048 \times (1 - 0.74) - 0.279 \times (1 - 1.18)$$

$$\mathbf{AMF_{6i} = 0.94}$$

### **Factores que Modifican Accidente Total:**

$$\mathbf{AMF_{int\ TOTAL} = AMF_{1i} * AMF_{2i} * AMF_{3i} * AMF_{4i} * AMF_{5i} * AMF_{6i}}$$

$$AMF_{int\ TOTAL} = 0.93 * 1 * 0.96 * 0.98 * 0.89 * 0.94$$

$$\mathbf{AMF_{int\ TOTAL} = 0.73}$$

### **Formula General (Método de Predictivo)**

$$N_{predicted\ int} = (N_{spf\ int} \times (AMF_{1i} \times AMF_{2i} \times \dots \times AMF_{yi})) \times C_i$$

$$N_{predicted\ int} = (34 \times (0.73)) \times 0.30$$

$$\mathbf{N_{predicted\ int} = 7\ Accidentes\ de\ veh\ culos/a\ no}$$

### **Total Accidente Del Tramo**

$$N_{\text{predicted total}} = N_{\text{Predicted segmento}} + N_{\text{Predicted int}}$$

$$N_{\text{predicted total}} = 10 + 7$$

$$N_{\text{predicted total}} = 17 \text{ Accidentes de } \frac{\text{vehículos}}{\text{año}}$$

$$N_{\text{observado total}} = 16 \text{ Accidentes de } \frac{\text{vehículos}}{\text{año}}$$

#### **4.7. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LA APLICACIÓN.**

El análisis del presente estudio se realizará por tramos de acuerdo a los resultados obtenidos sobre los tramos de estudios que se realizaron en el presente trabajo teniendo en cuenta las tablas generales que se encuentran en ANEXO IV, donde se podrá ver el cálculo de estimación de accidentes por tramos y a las vez sub tramos de los puntos más críticos del cada tramo, también el análisis será en lo general el resultado final de número de accidente en cada tramo.

**Tablas 4.44.** Valores Finales de la Estimación y Observados de Accidentes

TRAMOS A-B	N° DE ACCIDENTE TOTAL POR AÑOS (DE 5 AÑOS DE ESTUDIO)	
	N predictivo (accidente/año)	N observados(accidente/año)
Rotonda San Mateo-Rotonda Cruce Circunvalación	17	16
Rotonda Cruce Circunvalación-Rotonda del Pac	16	14
Rotonda del Pac-Cruce al Mercado Campesino	15	16
Cruce al Mercado Campesino-Rotonda Fe y Alegría	13	17
Rotonda Fe y Alegría-Rotonda Europa	14	15
<b>TRAMOS C-D Totales=</b>	<b>75</b>	<b>79</b>
Rotonda el Verano-Rotonda Fuente de los Deseos	37	22
Rotonda Fuente de los Deseos-Rotonda Chorolque	38	44
Rotonda Chorolque-Rotonda Moto Mendez	34	33
Rotonda Moto Mendez-Rotonda San Gerónimo	35	33
Rotonda San Gerónimo-Rotonda Aeropuerto	36	38
<b>TRAMOS E-F Totales=</b>	<b>180</b>	<b>170</b>
Rotonda Parada el Chaco-Rotonda a Entrada a la Coca cola	35	10
Rotonda a Entrada a la Coca cola-Pasando el Puente el Portillo	32	51
<b>TRAMOS F-G totales=</b>	<b>67</b>	<b>61</b>
Calle Avaroa esq.Calle Junin-Calle Avaroa esq.Calle Delgadillo	15	16
Calle Avaroa esq.Calle Delgadillo-Calle Avaroa esq.Calle Daniel Campos	16	14
Calle Avaroa esq.Calle Daniel Campos-Calle Avaroa esq.Calle Campero	15	15
<b>TRAMOS G-H Totales=</b>	<b>46</b>	<b>46</b>
Calle O'Connor esq.Avaroa-Calle O'Connor esq. La Madrid	17	16
Calle O'Connor esq.La Madrid-Calle O'Connor esq.Bolívar	14	39
<b>TRAMOS H-I Totales=</b>	<b>31</b>	<b>55</b>
Calle Bolívar esq.Calle Junin-Calle Bolívar esq.Calle Santa Cruz	18	10
Calle Bolívar esq.Calle Santa Cruz-Calle Bolívar esq.Calle Ballivián	29	22
Calle Bolívar esq.Calle Ballivián-Calle Bolívar esq.Calle Ramón Rojas	14	21
<b>Totales=</b>	<b>61</b>	<b>53</b>

TOTAL ACCIDENTES PROMEDIO EN LOS TRAMOS PARA LOS 5 AÑOS EN **460** **463**

TOTAL ACCIDENTES EN LOS TRAMOS PARA LOS 5 AÑOS EN ESTUDIO **2301** **2317**

0,99

99,33 % aproximacion

0,67 % de error en la estimación

**Fuente.-Elaboración Propia**

#### **4.7.1. Análisis de los Valores Obtenidos**

##### **Para los tramos A-B, C-D, y D-E**

**En el tramo A-B**, como se muestra en la tabla 4.30. Se analizaron los accidentes con el método del HSM, y se obtuvo 75 accidentes /año, para el total del segmento en estudio, a comparación de lo observado de 79 accidentes / año. Se puede ver que no hay una igualdad en accidentes, debido a la calibración de los módulos de accidentes, a los factores de accidentes de la vía tanto del segmento y de la intersección, así mismo como es un método estimativo que sólo se basa en estadísticas de que sucedan o no esos sucesos, también se puede decir que el método no toma en cuenta un factor de accidente según si el conductor está en estado étílico, ya que es uno de los mayores causantes de accidentes vehiculares, también otro factor sería cuando estos accidentes no son reportados a tránsito.

**En el tramo C-D**, como se muestra en la tabla 4.38. Se ve que los accidentes con el método del HSM se obtuvo 180 accidentes /año para el total del segmento en estudio, a comparación de lo observado de 170 accidentes / año, se puede ver que hay un aumento en accidentes; esto suceda debido a la calibración de los módulos de accidentes, y a sus factores de accidentes (señalizaciones, objetos fijos, anchos de vías, semáforos etc.), pero también se infiere que hubo un mayor control de accidentes, ya sea batidas controles de licencias de conducir, viendo que no estén en estados etílicos los conductores, y no registros de accidentes que no son reportados a Tránsito, pero ya que es un método estimativo una probabilidad de que ocurran o no esos sucesos.

**En el tramo D-E**, como se muestra en la tabla 4.38. Se ve que los accidentes con el método del HSM se obtuvo 67 accidentes /año para el total del segmento en estudio, en comparación de lo observado de 61 accidentes / año, se puede ver que hay un aumento en accidentes; debido a la calibración de los módulos de accidentes, y a sus factores de accidentes (señalizaciones, objetos fijos, anchos de vías, semáforos etc.), pero también se deduce que hubo un mayor controles de accidentes ya sea batidas controles de licencias de conducir, viendo que no estén en estados etílicos los conductores, y no registros de accidentes que no son reportados a tránsito, pero ya que es un método estimativo de una probabilidad de que ocurran o no esos sucesos.

### **Para los tramos F-G, G-H, y H-I**

**En el tramo F-G**, como se muestra en la tabla 4.38. Se ve que los accidentes con el método del HSM se obtuvo 46 accidentes /año para el total del segmento en estudio de la vía a comparación de lo observado de 46 accidentes / año. Esto se puede ver que hay una igualdad en accidentes por la calibración de los módulos de accidentes, y a sus factores de accidentes (señalizaciones, objetos fijos, anchos de vías, semáforos etc.), controles rutinarios de parte de tránsito. Se infiere que se tuvo un buen ajuste de estimación de accidentes en este tramo.

**En el tramo G-H**, como se muestra en la tabla 4.38. Se ve que los accidentes con el método del HSM se obtuvo 31 accidentes /año, para el total del segmento en estudio, a comparación de lo observado de 55 accidentes / año se puede ver que no hay una igualdad en accidentes, debido a la calibración de los módulos de accidentes, a los factores de accidentes de la vía tanto del segmento y de la intersección, así mismo como es un método estimativo que sólo se basa en estadísticas de que suceda o no esos sucesos, también se afirma que el método no toma en cuenta un factor de accidente según si el conductor está en estado etílico, ya que es uno de los mayores causantes de accidentes vehiculares. Otro factor sería cuando estos accidentes son reportados a tránsito.

**En el tramo G-H**, como se muestra en la tabla 4.38. En los accidentes con el método del HSM, se obtuvo 61 accidentes /año para el total del segmento en estudio, a comparación de lo observado de 53 accidentes / año. Hay un aumento en accidentes, debido a la calibración de los módulos de accidentes, y a sus factores de accidentes (señalizaciones, objetos fijos, anchos de vías, semáforos etc.). También se podría decir que hubo un mayor control de accidentes ya sea batidas controles de licencias de conducir, viendo que no estén en estados etílicos los conductores, y no registros de accidentes que no son reportados a tránsito, pero ya que es un método estimativo hay probabilidad de que ocurran o no esos sucesos.



## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. CONCLUSIONES

Una vez realizado el estudio se llegó a las siguientes conclusiones:

- ❖ En la aplicación de la ecuación general del manual **HIGHWAY SAFETY** se tomó los parámetros mencionados para establecer una buena calibración de los módulos de accidentes, mediante un análisis estadístico del mismo, tomando en cuenta el tráfico promedio diario del tramo con la frecuencia de accidentes de tránsito, donde se realizó la calibración para dos tipos de vía la cual se denominan en dos carriles de ida y vuelta (**2U**), y de un sentido (**U**), teniendo en cuenta que se trabajó para los segmentos ente intersecciones y en la intersección, tomando en cuenta el periodo de estudio de 5 años para la calibración de los módulos de accidentes, y su utilización del mismo para 3 a 5 años, luego se deberá realizar la misma operación para la calibración de los módulos con datos actuales.
- ❖ Sobre los datos de entrada en la calibración de los módulos de accidentes se tiene los más primordiales para el uso de este manual y darle la aplicabilidad a nuestro medio, son la cantidad de accidentes ocurridos en un tramo más críticos esto para la obtención de las condiciones locales geográficas de la zona ( $C_r$ ,  $C_i$ ), el tráfico promedio diario del tramo y la longitud para la obtenciones de la condiciones bases  $N_{spf}$  (factores de performance de seguridad), y los factores de la ruta o el tramo como ser señalizaciones, objetos fijos (árboles, letreros, postes de luz, etc.), se puede decir también que la calibración de los módulos de accidentes de nuestro trabajo se obtuvo con algunas dificultades al comienzo, pero se realizó lo necesario para la calibración tanto que se puede decir que tiene una buena correlación de datos claro también se depuró algunos valores pero al final se llegó a cumplir con lo trazado al comienzo del proyecto, donde esta calibración de los módulos es para este periodo de tiempo, la calibraciones se podrán ver en el capítulo V.

- ❖ La traducción del manual **HIGHWAY SAFETY** no hubo muchos inconvenientes ya que para esto se utilizó un programa de traducción del inglés al español, lo más relevante de toda esta traducción es la interpretación, ya que algunas palabras, párrafos, la redacción del texto traducido con el manual no tenía coherencia, por lo tanto se tuvo que interpretar algunas palabras que se creía son las correctas para la unión de los párrafos.
- ❖ Se determinó las causas y efectos que pueden accionar un accidente de tránsito en las vías urbanas y sub urbanas de la ciudad de Tarija, donde las causas son la falta de señalizaciones verticales, horizontales, iluminaciones, y semaforizaciones, etc. También la falta de paso a desniveles en algunas rotondas muy conflictivas de nuestra ciudad, la embriaguez de algunos conductores al manejar el vehículo en ese estado, la imprudencia del conductor al no respetar las señalizaciones, etc. Todas estas causas tienen su efecto que son los accidentes de tránsito ya sea vehículo con vehículo, vehículo objeto fijo, etc.
- ❖ Se estableció los parámetros de tránsito y las características geométricas de la zona de estudio mediante la frecuencia de accidentes que se tiene en la ciudad de Tarija, de la institución del Organismo Operativo de Tránsito para realizar los puntos más críticos donde ocurren accidentes de tránsito, y el levantamiento visual, medir las características de los tramos en estudio, y la geometría, tanto como si tenía señalizaciones semaforización, iluminaciones, restricciones de parqueo, y longitud del segmento, etc. Todo esto se realizó para la realización de del presente estudio ya sea para la calibración de los módulos de accidentes y su aplicación de la fórmula general en los tramos de la ciudad de Tarija.

Para las conclusiones particulares de los resultados obtenidos son las siguientes:

- ❖ Para la calibración del factor de frecuencia estimada promedio ( $N_{spfs}$ ) se puede decir que se obtuvo una buena correlación de datos para su calibración del módulo de accidente de unos 92%, de correlación para una vía de doble sentido (2U) y 95%, de correlación para una vía de un sentido (U), para un segmento entre intersecciones, y

98%, de correlación para una vía de doble sentido (2U) y 93%, de correlación para una vía de un sentido (U), para la intersección ya que es un valor aceptable por el alto porcentaje de aceptación de los datos y claro se podría realizar aún más pero era la depuración de datos de entrada por lo se le realizó el mismo, para la obtención de esa correlación de dependencia del valor de X con Y, la obtención de un buen ajuste de curva con las desviación estándar y así se obtuvo la calibración, no sólo sirve para estos tramos al contrario se puede usar en otros lugares de la misma características de la zona de estudio.

- ❖ Para la calibración del factor geográfico local de la zona se puede decir que en los tramos de segmento se tiene el (Cr) tanto para una vía de doble sentido (2U) que se tiene con el valor de  $Cr=0.97$ , y para una vía de un sentido (U) con un valor de  $Cr=1.01$ , esto quiere decir que hay una variación pequeña tanto para de (2U) Y (U), por lo tanto esto quiere decir que se mantiene en las mismas condiciones en los segmentos entre intersecciones que no hay mejoras en las vías.

Para las intersecciones se tiene los siguientes valores para una vía de doble sentido (2U) que se tiene con el valor de  $Ci=0.297$ , y para una vía de un sentido (U) con un valor de  $Ci=0.238$ , esto quiere decir que hay una variación considerable tanto para de (2U) Y (U), por lo tanto esto quiere decir que hay una disminución de accidentes en las intersecciones de unos 70% y 76%, esto se debe que las condiciones que se presenta en los estudios son que se cuenta con señalizaciones en las intersecciones algunos reductores de velocidad semáforos no habrá mucha restricción de objetos fijos que no obstruyan la visibilidad, etc.

- ❖ Es evidente que el conocimiento de este manual no es muy conocido en nuestro medio ya que es una manual inglés de EE.UU. DE HIGHWAY SAFETY por lo tanto se demostró con este trabajo el contenida principal de que trata el manual y sus aplicaciones tanto en lo económico, infraestructuras, mejoramientos, y ampliaciones de la vía, por lo tanto se concluye de mejores maneras y con satisfacción del trabajo realizado, pero esto es el principio de una renovación en el diseño de las vías urbanas y sub urbanas de nuestro medio por lo tanto se deberá realizar más estudios acerca

del manual, que no se quede ahí al contrario se debería dar mayor importancia para su aplicación.

- ❖ Se concluyó que los resultados obtenidos de la aplicación de la fórmula general para la estimación de accidentes cumplió con las expectativas requeridas del estudio ya que se pudo encontrar los valores deseados por mi persona, llegar a obtener los valores aproximados a los observados, pero esto es un índice de que se realizó el estudio con buenas intenciones, de la mejor manera posible, por lo tanto se obtuvo que los tramos TRAMO A-B se tenía 75 accidentes / año para el tramo en estudio de la vía a comparación de 79 accidentes observados. TRAMO C-D de 180 accidentes / año para el tramo en estudio de la vía a comparación de lo observado de 170 accidentes anuales, TRAMO E-F de 67 accidentes / año para el tramo en estudio de la vía a comparación de lo observado de 61 accidentes anuales, TRAMO F-G de 46 accidentes /año para el tramo en estudio de la vía a comparación de lo observado de 46 accidentes anuales, TRAMO G-H de 31 accidentes / año para el tramo en estudio de la vía a comparación de lo observado de 55 accidentes anuales, TRAMO H-I de 31 accidentes / año para el tramo en estudio de la vía a comparación de lo observado de 53 accidentes anuales, esto nos da un parámetro de que no se pudo llegar a los resultados deseados pero no quiere decir que esté mal los resultados sino que hay factores que no contemplan en los cálculos para la estimación de accidentes, es el estado personal de la persona si está de buen humor, estado étílico, y su edad, etc. Por lo tanto se considera buenos resultados como una tentativa de estos valores obtenidos para el estudio y posteriores estudios que se realicen en la zona de estudio para una mejora a lo futuro.

## 5.2. RECOMENDACIONES

Del estudio realizado se dan las siguientes recomendaciones que se anuncian a continuación:

- ❖ Se recomienda que para la recolección de información de tránsito se deberían facilitar estos datos para estudios de los mismos como ser a instituciones, universidades para el uso de elaboración de tesis ya que ésta pueda mejorar las deficiencias de las vías y dar una mejor transitabilidad de las vías. Las instituciones encargadas de accidentes de tránsito podrá dar una mayor eficiencia de información de accidentes de tránsito y así tener una mayor rendimiento de los resultados obtenidos por el Manual y tener mayor confiabilidad de los mismos, y así poder realizar mejores diseños, ampliaciones de las vías, mejores diseños geométricos por las instituciones encargadas.
- ❖ Se recomienda que no se deje de estudiar este manual y sus aplicaciones ya que es muy interesante, didáctico, ya que mi presente tesis es una pequeña parte de su aplicación del mismo manual ya que esta cuenta con otras aplicaciones en tanto en mejoramiento de las vías, ampliaciones, nuevos diseños, todo ésto para reducir la cantidad de accidentes de tránsito, Por último el presente estudio no queda ahí, al contrario, se deberá realizar esta calibración cada periodo de tiempo porque el parque automotor va cambiando, el medio mismo está cambiando las características de diseño de las carreteras, vías urbanas y es por eso que se deben calibrar los módulos de accidentes cada periodo de tiempo de 3 a 5 años.
- ❖ La educación vial es muy importante ya que es la base por la que se puede empezar a construir una sociedad libre de siniestralidad vial, la educación desde la infancia en el hogar e inculcar valores cívicos, morales a la población, tomar medidas más eficaces contra los conductores que infrinjan la ley, y así evitar los accidentes de tránsito de vehículos, como se aprecia en el presente estudio existen muchas víctimas, algunos de gravedad y otros de muerte, sin mencionar las cuantías económicas por los accidentes y los efectos secundarios de los mismos de las personas involucradas,

es por esto que se debe hacer uso del Capítulo II donde se encuentran todos estos temas de educación vial.

- ❖ Es recomendable mencionar que el presente trabajo se realizó manualmente la calibración sin programas de análisis estadístico ya que no se tenía conocimiento del mismo hasta ahora por lo tanto para tener un poco más de precisión en esta calibración de los módulos de accidentes posteriores se recomienda que se use el programa **STATGRAPHICS**, ya que este programa permite realizar un análisis de la curva calibrada en su mayor ajuste a los datos de entrada, y así tener una buena calibración de los módulos de accidentes.