

CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

La aplicación de metodologías para determinar el nivel de Seguridad Vial es un proceso sistemático de revisión *in situ* de una carretera o tramo de carretera, dirigido por un experto de seguridad vial, con el fin de identificar aspectos peligrosos, deficiencias o carencias de la carretera susceptibles de desencadenar un accidente.

En Tarija los últimos años se ha tenido un aumento moderado en la cantidad de caminos construidos, ya sean estos pavimentados o no pavimentados. La construcción de caminos es una de las prioridades del departamento, hoy en día crece la necesidad de dotar a los caminos existentes de condiciones seguras de circulación, que respondan en la medida de lo posible a las expectativas de los usuarios.

Los caminos obedecen a un diseño estándar y de seguridad que corresponde a la época en que fueron concebidos, no obstante, lo anterior, algunos tópicos de la normativa vial se han actualizado y las exigencias por parte de los usuarios aumentan cada vez más. Por lo tanto, existe una necesidad permanente de actualización en la cantidad y calidad de los dispositivos de seguridad vial.

Lo anterior se traduce en que la gestión integral de la seguridad vial, enfocada a cumplir las exigencias de los usuarios, debe estar inserta en los programas de conservación vial.

Una medida de gestión es cuantificar el grado de seguridad ofrecido por la vía y conocer la brecha existente con la situación hipotética de que dicha vía cuente con infraestructura de acuerdo a las normas vigentes y requerimientos del usuario. Este dato permite priorizar necesidades de seguridad vial y así hacer una optimización de la inversión en conservación por camino para poder calificarlo como seguro, o bien acercarlo al nivel que le corresponde dada su categoría o características técnicas.

Para llevar a cabo lo antes expuesto se requiere de una herramienta de medición de la seguridad vial de tal forma de graficar o cuantificar, en alguna escala, el nivel de seguridad ofrecido.

Una de las metodologías existentes para efectuar tal diagnóstico es el llamado “Índice de seguridad para la evaluación de caminos rurales de dos pistas”, desarrollada originalmente en Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, de la Universidad de Catania, Italia.

Las ventajas que muestra esta metodología, es que al evaluar considera la longitud y tránsito de la ruta, el estado de la infraestructura y en el caso de haber accidentes evalúa los elementos que pueden agravar el mismo.

Este trabajo presenta una descripción de dicha metodología y la aplicación en algunas rutas nacionales, calculando un índice de seguridad vial inicial, mediante el análisis de elementos tales como sección transversal, visibilidad, señalización, demarcación, sistemas de contención etc. Una vez obtenido el nivel de seguridad inicial, se proponen mejoras y actualizaciones de los elementos analizados para alcanzar un grado seguridad acorde a la calidad de camino.

1.2. JUSTIFICACIÓN

A pesar de que el análisis de los niveles de seguridad vial en las carreteras es un tema que se estudia desde hace varios años en diferentes países, es que recién en los últimos años está tomando una mayor relevancia debido al incremento constante de los accidentes debido a que el parque automotor en los diferentes países se ha ido incrementando sustancialmente hecho que incide directamente en los volúmenes de tráfico tanto en las vías urbanas como en carreteras, razón está para que los riesgos de accidentes sea mayor y que los niveles de seguridad sean menores.

La importancia de determinar los niveles de seguridad de las diferentes rutas de la red vial en un país es el punto de partida para determinar las acciones a mediano y largo plazo que deben realizarse con el propósito de mejorar las condiciones de seguridad vial y que los niveles se encuentren en rangos razonables en cada país, en nuestro medio de la misma manera pese a que no tenemos los mismos niveles de accidentabilidad que otros países, no deja de ser preocupante en algunos tramos el incremento año a año de la cantidad de accidentes haciendo que ciertos tramos tengan un bajo nivel de seguridad vial.

Los resultados que puedan obtenerse de este estudio en nuestro medio pueden dar una base importante para las entidades encargadas de la planificación de las acciones sobre la red vial del departamento de manera que será un indicador importante que permitirá

priorizar algunos tramos sobre otros en la realización de acciones ingenieriles en pos de mejorar los niveles de seguridad vial.

Significará un aporte académico importante porque su estudio es muy vago en las materias de la carrera de ingeniería civil por lo que se hace imperioso la necesidad de profundizar para que se convierta en un documento de consulta.

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.3.1. Situación Problemática

Por ser la accidentalidad un problema a nivel nacional se hace necesario aplicar metodologías que han sido estudiadas en otros países, de manera que a partir de estudios serios se pueda demostrar que su aplicabilidad en nuestro medio ante la ausencia de metodologías propias es una necesidad para evaluar en qué estado y nivel de seguridad se encuentran las carreteras de nuestro país y particularmente de nuestro departamento.

En cuanto a la aplicación de metodologías de Seguridad Vial es un método económico utilizado para evaluar una o más acciones (programas, proyectos específicos o medidas de seguridad carretera), para determinar la opción más rentable por otra parte compara los resultados (efectos) esperados; es utilizado para priorizar programas o medidas de seguridad en carreteras de acuerdo con el valor de los cocientes entre los costos y los efectos (tal como la reducción de lesionados y muertos en accidentes carreteros).

La Seguridad Vial en Bolivia ha quedado rezagada en relación con los avances mundiales actuales, por lo que se hace necesario comparar las medidas utilizadas en otros países y de las metodologías utilizadas en su evaluación del índice de seguridad vial.

Para realizar la aplicación de la metodología de la universidad de Catania (Italia) para determinar el nivel de seguridad vial en carreteras me apoyare en el Índice de Seguridad de Evaluación de dos carriles Rural Carreteras por: Salvatore Cafiso Profesor Asociado Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental Universidad de Catania.

Otro factor que sugiere la necesidad de aplicar metodologías de seguridad vial en carreteras es que, durante los últimos años, frecuentemente se ha olvidado la seguridad vial en nuestro medio.

Por las razones anteriores y otras muchas más, se desea aplicar la metodología para determinar el índice de seguridad vial en carreteras, para dar una base importante en las planificaciones sobre la red vial del departamento en pos de mejorar los niveles de seguridad vial y las características y dimensiones de cada uno de los elementos de las carreteras, considerando sus diferentes condiciones.

1.3.2. Problema

¿Se podrá aplicar la metodología de la universidad de Catania (Italia), para determinar el nivel de seguridad vial en carreteras aplicada a tramos específicos de la red vial del departamento de Tarija?

1.4.OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

Aplicar la metodología de la Universidad de Catania, para determinar el nivel de seguridad vial en los tramos de la red vial del departamento de Tarija (Padcaya – Orosas, Padcaya – Rosillas, Tarija – La Pintada), y que permita identificar con este indicador cuales son los sectores más críticos en base a la seguridad vial.

1.4.2. Objetivos específicos

- ✓ Describir los conceptos, fundamentos, elementos de la Ingeniería de Tráfico.
- ✓ Describir los principios de la seguridad vial en carreteras, su evaluación, análisis y acciones para mejorar sus condiciones.
- ✓ Describir la metodología de la Universidad de Catania para la determinación de Niveles de Seguridad Vial en Carreteras.
- ✓ Realizar la medición de parámetros que intervendrán en la determinación del nivel de seguridad en los tramos de estudio.
- ✓ Determinar los niveles de seguridad de los tramos de estudio utilizando la metodología de la Universidad de Catania.

1.5.DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA DE UNIVERSIDAD DE CATANIA

La metodología utilizada calcula un índice de seguridad utilizando dos procedimientos analíticos relacionados con la consistencia de diseño geométrico y con los procesos de inspección de seguridad.

Por lo tanto, el índice de seguridad (IS) mide cuantitativamente el desempeño relativo de seguridad de un elemento geométrico de la ruta, a partir del procedimiento que se describe a continuación, al cual se le pueden hacer algunas adaptaciones de criterios según las normas de diseño utilizadas en Bolivia, específicamente lo indicado en el Manual de Carreteras.

El IS se formula mediante la combinación de tres componentes del riesgo: la exposición de usuarios de la carretera a peligros en los caminos (factor de exposición), la probabilidad de que un vehículo esté involucrado en un accidente (factor de frecuencia de accidentes) y las consecuencias resultantes si se produjera un accidente (factor de severidad de accidente).

El índice de seguridad de la ruta y de cada tramo está dado por la siguiente ecuación:

$$I.S = FE \times FFA \times FSA$$

Dónde:

FE= Factor de Exposición.

FFA= Factor de Frecuencia de Accidentes.

FSA= Factor de Severidad de Accidentes.

Factor de Exposición (FE)

Este factor tiene que ver con la exposición de los usuarios a los peligros del camino y está directamente relacionado con el tránsito medio diario anual de la ruta y la longitud del tramo en análisis, según la siguiente ecuación:

$$FE = \frac{L * TDMA}{1000}$$

Dónde:

L= Largo del tramo evaluado en Km.

TMDA= Tránsito medio diario anual de la ruta.

Factor de Frecuencia de Accidentes (FFA)

El factor de frecuencia de accidentes considera aquellos accidentes por deficiencias en los elementos de seguridad, como también aquellos influenciados o relacionados por el diseño de la ruta, según la siguiente ecuación:

$$FFA = FFAIS * FFADG$$

Dónde:

FFAIS = Factor de frecuencia de accidentes por inspección de seguridad.

FFADG = Factor de frecuencia de accidentes por diseño geométrico.

Factor de Frecuencia de Accidentes por Inspección de Seguridad (FFAIS)

Este factor corresponde a la multiplicación del FFA para cada ítem de seguridad inspeccionado, ver la siguiente ecuación:

$$FFAIS = \prod_{j=1}^I FFA_j$$

Dónde:

FFA_j = Factor de frecuencia de accidentes para el ítem de seguridad j

I = Número de aspectos (Ítems) de seguridad inspeccionados.

A su vez el factor de frecuencia de accidentes para el ítem de seguridad j (FFA_j), está dado por la siguiente ecuación:

$$FFA_j = 1 + WS_j * \Delta FA_j * P_j$$

Dónde:

P_j = Proporción de tipos de accidentes que son provocados por el ítem de seguridad j.

ΔFA_j = Incremento en el riesgo de accidentes por el ítem de seguridad.

WS_j = Promedio ponderado la evaluación hecha mediante la inspección de los ítems j (S_{ik}), en todos los tramos de la ruta en estudio y en ambos sentidos, dado en la siguiente ecuación.

$$WS_j = \frac{1}{(2*n)} * \sum_{i=1}^{m_j} \sum_{K=1}^{(2*n)} S_{ik}$$

Dónde:

N= Número total de sectores evaluados dentro de una pista de un tramo.

K= Índice para el número de sector evaluado.

J= Número de ítem.

I= Número de elemento dentro de un ítem.

m = Número total de elementos de seguridad dentro de un ítem de seguridad.

S_{ik} = Evaluación del ítem de seguridad.

Factor de Frecuencia de Accidentes por Diseño Geométrico (FFADG)

Este factor se calcula mediante la Ecuación 7.

$$FFADG = 1 + WS_{DG} * \Delta AF_{DG} * P_{DG}$$

Dónde:

WS_{DG} = Promedio ponderado de los elementos de seguridad por diseño geométrico.

ΔAF_{DG} = Incrementos de riesgo de accidentes debido a los elementos geométricos del tramo a evaluar (7,0 metros en sectores de curvas y 1,0 metro en rectas).

P_{DG} = Proporción de accidentes provocados por el elemento de seguridad y su evaluación.

Factor de Severidad de Accidentes (FSA)

El factor de severidad de accidentes, evalúa las consecuencias de un probable siniestro de tránsito y está asociado a la velocidad de operación y al peligro lateral (entorno), para lo cual se deberá considerar la siguiente ecuación:

$$FSA = \left(\frac{V_{85}}{V_c}\right) * FA \quad (10)$$

Dónde:

V₈₅ = Velocidad V₈₅% que debiera tener la curva en análisis en función de la Velocidad de Proyecto (V_p).

V_c = Velocidad de la curva en análisis según diseño geométrico.

FA = Factor de accidentabilidad.

1.6. PARÁMETROS DE METODOLOGÍA

Los parámetros a evaluar para la aplicación del índice de seguridad se indican a continuación.

1.6.1. Datos de entrada

Factor de exposición.

Factor de frecuencia de accidentes.

Factor de severidad de accidentes.

1.6.2. Parámetros a evaluar

Factor de Exposición

(Longitud de tramo y tráfico vehicular).

Factor de Frecuencia de Accidentes

Se realizarán evaluaciones a los siguientes elementos: Accesos, Sección transversal, Trayectoria Nocturna, Demarcación, Pavimento, Distancia de visibilidad, Señalización, Numero de elementos geométricos (curvas y rectas).

Factor de Severidad de Accidentes.

Velocidad V85%, Velocidad de proyecto evaluaciones al ítem de seguridad Entorno: Terraplén, puentes arboles obstáculos canales o fosos.

1.7. OTRAS METODOLOGÍAS PARA EVALUACIÓN DE SEGURIDAD VIAL.

1.7.1. Estudio Integral de la Seguridad Vial en Carreteras de dos Carriles.

A partir de la revisión bibliográfica, la experiencia existente en Cuba y las comprobaciones numéricas realizadas, se propone una metodología integral para la evaluación de la seguridad vial en vías rurales de dos carriles de interés nacional, que toma además en consideración métodos utilizados en otras regiones, adecuados al entorno y condiciones del país.

1.7.2. Metodología INSETRA (Índice de Seguridad de Tránsito)

INSETRA es un índice que busca estimar el nivel de la seguridad de tránsito en una localidad carretera.

Evalúa el estado de la seguridad de tránsito a través de dos dimensiones:

Dimensión de resultado

Da cuenta del nivel de preservación de la vida, la salud y los bienes de las personas. Se traduce operativamente en la medición de la magnitud de los siniestros de tránsito y sus consecuencias.

Dimensión de sustento

Da cuenta del nivel de armonía en las actividades de transporte. Se traduce operativamente en la medición del riesgo observado en factores asociados a la siniestralidad.

1.7.3. Metodología IRAP (International Road Assessment Programme)

Esta metodología está basada en la investigación y la obtención de evidencia convincente, para lo que ha desarrollado cuatro protocolos que se usan de manera consistente en todo el mundo para evaluar y mejorar la seguridad de las vías:

- ✓ Mapas de riesgo elaborados con información específica de colisiones para precisar el número real de muertes y lesiones en una red vial.
- ✓ Calificación por estrellas que brinda una medición simple y objetiva del nivel de seguridad que provee el diseño de una vía.
- ✓ Rastreo del desempeño que posibilita el uso de la calificación por estrellas y los mapas de riesgo para rastrear el desempeño de la seguridad vial y establecer posiciones de políticas.
- ✓ Planes de inversión para vías más seguras basados en aproximadamente 70 opciones probadas para mejorar vías que produzcan infraestructuras asequibles y económicas que salven vidas.

1.8. DISEÑO METODOLÓGICO

1.8.1. Componentes

Unidad

Seguridad Vial en red de carreteras

Población

Seguridad vial en la red vial del Departamento de Tarija

Muestra

Seguridad Vial en tramos específicos de la red vial de Tarija

Muestreo

Las muestras serán asignadas en función al volumen de tráfico, tipo de carretera (velocidad de diseño) y topografía de la zona donde se evaluará los tramos más críticos para la toma de decisiones.

1.8.2. Métodos y técnicas empleadas

Técnicas

Aplicación de la metodología de la Universidad de Catania Italia

Metodología

Será no probabilísticas ya que será a criterio del investigador.

Descripción de instrumentos para la obtención de datos

Vehículo, flexo, cámara fotográfica, etc.

Procedimientos de aplicación

Disponer de información para realizar el estudio, volúmenes de tráfico, longitud del tramo evaluar, mapas, planos.

Para determinar las variables independientes de la metodología se realizarán las siguientes evaluaciones:

a) Accesos

Inspección a los accesos que presenten un nivel de riesgo para los usuarios

b) Secciones transversales

Se evaluará el ancho de la calzada, identificando los sectores donde las pistas y bermas no cumplan con los anchos mínimos de acuerdo a lo requerido por lo metodología.

c) Visibilidad nocturna

Este ítem abarcará los siguientes elementos de seguridad: señales, delineadores, elementos reflectantes de barreras de contención y demarcación, tomando en cuenta de que en general tengan un buen comportamiento estos elementos, en la ruta analizada.

d) Demarcación

La deficiencia de este elemento en la demarcación lateral de la vía, principalmente, por desvanecimiento de la misma.

e) El entorno

Este ítem abarca la mayor cantidad de elementos de seguridad, que son representativos en el análisis de la vía los cuales se describen a continuación:

Terraplenes

Verificaciones si existen barreras de contención para sectores con terraplenes longitudes grandes con una altura mayor a 3m o si las mismas se encuentran en buen estado.

Puentes

La totalidad de los puentes existentes en la ruta, si corresponden a estructuras de hormigón y si los mismos cuentan con elementos de contención adecuados.

Obstáculos

El comportamiento de la ruta en este ítem, contempla casos como: árboles, barreras sin terminal, postes, muros, que estén muy próximos a la calzada.

Canales o fosos

La existencia de fosos, por las características geográficas de la ruta en análisis.

f) Distancia de visibilidad

Si la geometría se adapta cómodamente a la velocidad máxima de esta, si existen sectores, asociados a un trazado en planta sinuoso y que las condiciones de visibilidad sean adversas.

g) La señalización.

La ausencia de señales verticales en la ruta evaluada, señales de advertencia reglamentarias en sectores poblados y zonas de escuelas.

1.9. ALCANCE DEL TEMA

El alcance del proyecto de grado tendrá tres componentes:

- ✓ La investigación de este tema contempla el trabajo de campo que consiste en realizar el levantamiento visual de parámetros de seguridad vial, las mediciones de aforo como también la medición de la longitud en los tramos en las vías urbanas seleccionadas para calcular el Índice de Seguridad Vial.
- ✓ El marco teórico sobre los aspectos relacionados con la seguridad vial desde los principios de la ingeniería de tráfico, sus elementos fundamentales, los parámetros

medibles de comportamiento del tráfico, su relación con la seguridad vial y la metodología establecida por la Universidad de Catania para la determinación del nivel de seguridad vial en carreteras.

- ✓ Con los datos obtenidos del trabajo de campo se procederá a realizar el trabajo de gabinete, el cual nos permitirá primeramente identificar los puntos que tienen mayor riesgo en el área de estudio, donde seguidamente se realizarán las mediciones de aforo, como también la medición de la longitud de los tramos seleccionados y el levantamiento de datos a través de una inspección visual para observar la existencia o no de los parámetros de seguridad con las que deben contar las vías según la metodología a aplicar.
- ✓ Al obtener todos los datos necesarios se aplicará la metodología para poder encontrar los indicadores de seguridad vial, propios de cada uno de los tramos seleccionados y así clasificar el funcionamiento de las vías en estudio según parámetros que se obtendrán a través del cálculo. Una vez determinado los índices de seguridad se propondrán medidas de solución para reducir los índices de seguridad.
- ✓ La Aplicación práctica se realizará en 3 tramos de la red vial departamental los cuales son:

Tramo Tarija - La Pintada Con la finalidad de determinar el grado de seguridad que ofrece la vía los usuarios del camino, se seleccionó este trayecto ya que se pudo observar que la carretera presenta deficiencia en sus elementos de seguridad tales como la demarcación, señalización vertical, señalización horizontal, entre otros elementos debido a sus años de servicios.

Tramo Padcaya Orosas Se decidió realizar el cálculo del nivel de seguridad de esta ruta, ya que se obtuvo datos de accidentes de tránsito mediante la Administración Boliviana de Caminos, lo que se pretende con esta información es determinar si los accidentes ocurridos son debido a problemas en la ruta.

Tramo Padcaya Rosillas Se decidió evaluar este trayecto y determinar el grado de seguridad, porque la ruta en un futuro se conectara con la comunidad de Mecoya (Bolivia) frontera con Mecoyita (Argentina) perteneciente a la Provincia de Salta, esto a su vez permitirá abrir una nueva frontera con la

República Argentina por el lado del municipio de Padcaya, ya que se confirmó mediante la Sub Gobernación de Padcaya que el SEDECA y las autoridades de la Sub Gobernación, junto a las del municipio de Padcaya, iniciarán asfaltado del tramo que comprende desde la comunidad de Rosillas hasta la comunidad de Mecoya.

CAPÍTULO II
CRITERIOS DE APLICACIÓN DE LA
METODOLOGÍA

CAPÍTULO II: CRITERIOS DE APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

2.1 INTRODUCCIÓN

En primer lugar, es necesario señalar que la seguridad vial se define como la disciplina que estudia y aplica las acciones y mecanismos tendientes a garantizar el buen funcionamiento de la circulación en la vía pública, previniendo los accidentes de tránsito (Ministerio de Obras Públicas y Transportes).

La aplicación de una metodología de seguridad vial es un análisis que pretende garantizar que un camino existente o futuro cumpla con criterios óptimos de seguridad, llevado a cabo por miembros que son independientes del proyecto del camino. Puede realizarse en una, varias o todas las etapas del proyecto (planeación, proyecto, construcción, antes de abrir el camino al tránsito y operación). El desarrollo e implantación de una metodología de seguridad vial en carreteras es una de las estrategias que se han aplicado en varios Países en los últimos años, para reducir la accidentalidad y sus consecuencias asociadas.

El desarrollo de la infraestructura vial del país se constituye como la principal estrategia para el fortalecimiento de la competitividad nacional, a través de la construcción de carreteras que permiten la movilidad de transporte de carga de comercio exterior y que conectan los principales centros de producción y consumo.

Por ser las vías terrestres el principal medio de comunicación entre las regiones, se debe considerar en las etapas de diseño, construcción y operación que se cumplan con las condiciones de seguridad vial.

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

Una de las metodologías existentes para efectuar diagnóstico es el llamado “Índice de seguridad para la evaluación de caminos”, desarrollada originalmente en Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, de la Universidad de Catania, Italia, entre otras metodologías tenemos al Estudio Integral de la Seguridad Vial en Carreteras Rurales de dos Carriles, INSETRA, IRAP, que realizan sus evaluaciones mediante el análisis de elementos tales como sección transversal, visibilidad, señalización, demarcación, sistemas

de contención etc. Una vez obtenido el nivel de seguridad, se proponen mejoras y actualizaciones de los elementos analizados acorde a la calidad de camino.

Un índice de seguridad resulta una herramienta útil que ayuda a estimar la peligrosidad de una carretera en base a inspecciones visuales en campo, se pudo determinar que los valores más alto de los índices están relacionados a un mayor riesgo de que un conflicto termine en accidente.

2.2 SELECCIÓN DE LOS TRAMOS DE ESTUDIO

Las causas de los accidentes son numerosas y frecuentemente difíciles de determinar en nuestra ciudad, el parque automotor ha tenido un crecimiento muy alto según datos del Instituto Nacional de Estadística (INE).

No existe una institución que se encargue de realizar el seguimiento de los accidentes en las carreteras, como en otros países de manera detallada para toma de decisiones en la selección de tramos por lo que se lo realizo en función al volumen de tráfico, tipo de carretera (velocidad de diseño) y topografía de la zona.

2.2.1 Análisis de accidentalidad en la ruta de estudio

De acuerdo con el Diccionario de la Real Academia, un accidente es un suceso imprevisto que causa una alteración en la marcha normal de las cosas y produce un daño. Se considera accidente de tránsito a aquél que implica un vehículo en movimiento y tiene lugar en una vía pública. Según la gravedad de sus consecuencias, los accidentes se pueden clasificar en:

- ✓ Accidentes con daños materiales, en los que no se han producido lesiones.
- ✓ Accidentes con víctimas, en los que se han producido lesionados.
- ✓ Accidentes mortales, en los que alguna de las víctimas fallece como consecuencia del accidente.

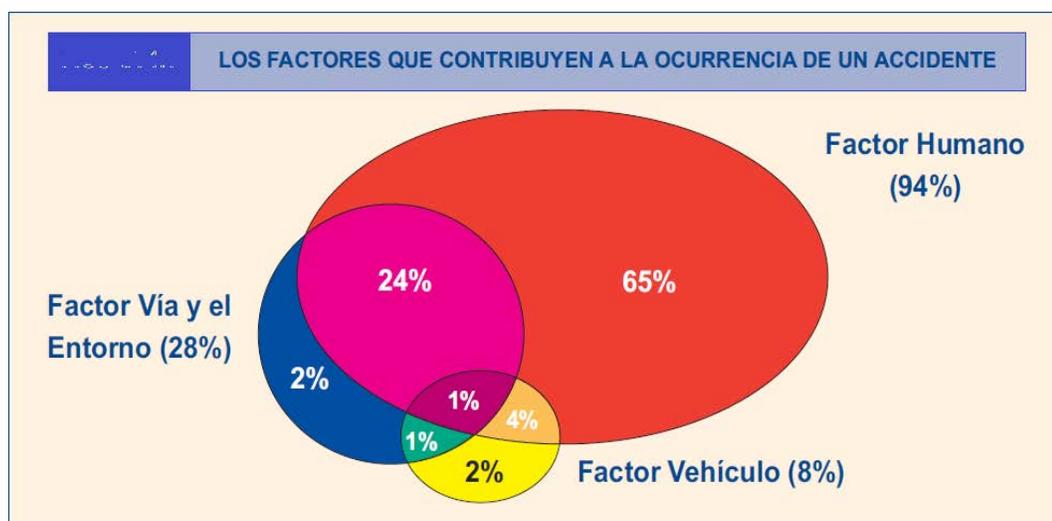
Según el criterio aplicado para establecer las estadísticas internacionales de accidentes de circulación, se considera que una víctima fallece a consecuencia de un accidente cuando la muerte se produce en los treinta días siguientes debido a los daños sufridos en este.

Los accidentes de circulación ocupan el décimo lugar entre las mayores causas de muerte en el mundo, originando un 2.2% del total. De mantenerse las tendencias actuales, en el año 2020 los accidentes de circulación podrían llegar a ser la tercera causa de mortalidad.

Un accidente de tránsito será el resultado de la coincidencia de una serie de circunstancias relacionadas con los usuarios, los vehículos, la infraestructura, el tránsito y el entorno, que dan lugar a un suceso imprevisto. Aunque en un porcentaje muy alto de los accidentes uno de los factores determinantes es el error humano, la mejora de las características de los vehículos y de la infraestructura puede contribuir a reducir las situaciones de conflicto, y, en consecuencia, los accidentes.

En un detallado estudio realizado en Gran Bretaña por el TRRL, en el que se estudiaron en detalle 2.130 accidentes, se analizó la influencia de los tres principales factores: usuario, infraestructura y vehículo. Se concluyó que en un 85% de los casos había un solo factor determinante del accidente, siendo éste el fallo humano en el 76.5%, mientras que el restante 5% correspondía a la vía o al vehículo. Se estableció que la concurrencia sincrónica de problemas debidos a dos de los tres factores, contribuían simultáneamente a menos del 1%. En conjunto se determinó que aproximadamente el factor humano contribuía al origen del 94% de los accidentes, la ruta y su entorno al 28%, y el vehículo al 8%.

Figura N° 2.1 Factores que contribuyen a la ocurrencia de un accidente



Fuente: Main Roads Western Australia, investigación de seguridad vial.

Estos resultados concuerdan con los estudios realizados en Estados Unidos (Treat y otros, 1977) y fueron confirmados posteriormente en otro estudio realizado por el TRRL (Sabey, 1983). También se concuerda con los resultados obtenidos en España por la Fundación Mapfre y la DGT.

En este aspecto, para facilitar la tarea del conductor, en cada una de las rutas analizadas se ha procurado que el conjunto de elementos que constituyen el entorno vial (trazado, señalización horizontal y vertical, sección transversal, etc.) y que no involucran una inversión mayor, deberán colaborar en la accidentabilidad en:

- Prevenir al conductor cuando existan características no habituales o inferiores a las encontradas en los tramos contiguos.
- Facilitar la actuación del conductor en los tramos que presenten características distintas de las habituales.

Sin embargo, para que este factor de accidentabilidad (base de datos de accidentes), permita la priorización de las medidas a implementar, es necesario determinar con la mayor facilidad posible la relación entre las características de la ruta, el tránsito y los accidentes que suceden en ella. Por esta razón es fundamental tener un registro detallado y sistemático de todos los datos relacionados con los accidentes, para hacer un análisis de los factores concurrentes de ellos. Esto constituye la base de partida para el estudio de los problemas relacionados con la vía, los vehículos y el comportamiento humano, a fin de corregirlo y orientar el estudio de nuevos proyectos. Sin un registro minucioso de las circunstancias y factores asociados a la ocurrencia de accidentes no resultaría posible construir un factor de accidentabilidad apropiado que permita priorizar las acciones preventivas correspondientes.

En general, la principal fuente de datos para cualquier estudio de accidentes la constituyen los informes redactados por el Organismo Operativo de Transito, debido a la dificultad de para la obtención información los mismos se utilizarán las planillas proporcionadas por la Administración Boliviana de Caminos (ABC) la cual será la base de datos para el presente estudio. Estos informes sobre los accidentes tienen en principio la finalidad de proporcionar los datos necesarios para establecer las responsabilidades en los accidentes, sin embargo, presentan ciertas limitaciones y en la actualidad no cuenta con un registro

suficiente y necesario para determinar las causas reales del accidente. Para que la información de accidentabilidad pueda colaborar en la priorización de la ruta, es necesario que se cuente con la siguiente información:

1. Localización, es decir, indicar el kilometraje exacto, día, hora, sentido de circulación e identificar si es una zona poblada, zona urbana o zona rural.
2. Vehículos implicados y velocidad de circulación estimada.
3. Consecuencias (muertos, lesionados y daños materiales).
4. Datos de la ruta como:
 - Tipo.
 - Sección de Transversal.
 - Velocidad señalizada.
 - Elementos de seguridad existentes.
 - Características del tramo, como intersección o fuera de intersección.
5. Tipo de Accidente:
 - Tipo (Colisión, alcance, volcamiento, etc.).
6. Condiciones ambientales:
 - Luminosidad.
 - Factores atmosféricos.
 - Restricción de visibilidad.
7. Datos de los conductores:
 - Identificación.
 - Uso de cinturón de seguridad.
 - Alcohol/drogas.

Las informaciones proporcionadas por la Administradora Boliviana de Caminos se entregan en anexos las planillas registran accidentes por cada ruta en estudio.

Cuadro N°2. 1 Resumen general de datos de accidente

Código del registro	Tramo	Sector	Observación
TJ-1.03.510.D-31	Tarija - Padcaya	Puente La Ventolera	Producto del exceso de velocidad el conductor perdió el control del vehículo habiéndose volcado.
TJ03-0490-I-15-01-01	Tarija - Padcaya	El Portillo	El conductor se durmió y por exceso de velocidad se produjo el vuelco.
TJ-1.03. 510.D-31	Tarija - Padcaya	San Isidro	El conductor de la motocicleta no tenía las luces prendidas del vehículo y al invadir el carril, el conductor del automóvil no tuvo una buena visibilidad y tiempo de frenado, por tal razón se produjo la colisión del automóvil con la motocicleta, ocasionando la muerte del conductor de la motocicleta.
TJ03-0490-D-15-03-04	Tarija - Padcaya	Puente Guaranguay	Por cansancio conductor se durmió y choco contra las barreras del puente.
TJ03-0490-I-15-05-12	Tarija - Padcaya	Sunchuhuayco	A la presencia de un semoviente, el conductor en maniobras volcó y otro vehículo en viaje a continuación de este choco contra el animal.
TJ-1.03. 510.D-31	Tarija - Padcaya	Colon	Producto del exceso de velocidad el conductor perdió el control del vehículo ante la presencia de un animal.

TJ-1.03. 510.D-31	Tarija - Padcaya	Campo de Vasco	Producto del exceso de velocidad el conductor perdió el control del vehículo ante la falla de la llanta que reventó.
TJ03-0490-D-15-11-23	Tarija - Padcaya	San Isidro	A causa del exceso de velocidad del minivan e ingreso brusco y distraído del minibús a la carretera se generó el choque.
TJ03-0490-D-15-08-28	Tarija - Padcaya	Cruce Ancón Grande	La imprudencia y exceso de velocidad de dos conductores genero el choque.
TJ03-0490-D-15-07-27	Tarija - Padcaya	La Choza	A causa de exceso de velocidad e invasión de carril se produjo el choque.
TJ03-0490-D-14-08-02	Tarija - Padcaya	Colon Norte	Por exceso de velocidad y estado de ebriedad.
TJ03-0490-I-14-10-20	Tarija - Padcaya	Cruce al Valle	Exceso de velocidad produjo un choque de una vagoneta con una ambulancia.
TJ03-0500-D-14-10-03	Tarija - Padcaya	Puente Colpana	Por una falla en la llanta chocó el camión.
TJ03-0490-I-15-07-20	Tarija - Padcaya	El Portillo	El choque se produjo a causa de invasión del carril.

TJ-1.03. 510.D-31	Tarija - Padcaya	Cercanías Padcaya	Debido a la presencia de animales el conductor pierde el control del vehículo.
TJ03-0500-I-15-02-09	Padcaya- la Mamora	Guayabillas	Por evadir una roca y el exceso de velocidad choco contra otro vehículo.
TJ03-0500-D-15-08-15	Padcaya- la Mamora	Orozas	El camión con placa argentina debido a fallas del freno impactó camioneta estacionada, generando vuelco de ambos.

Fuente: Elaboración Propia.

2.3 CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE METODOLOGÍA

A continuación, se describen los diferentes parámetros de la metodología que permiten evaluar el Nivel de Seguridad y los diferentes criterios adoptados para cada uno de ellos.

2.3.1 Tránsito

La intensidad del tránsito tiene una influencia importante tanto en la frecuencia como en las características de los accidentes. En general, cuando crece la intensidad aumenta la exposición al riesgo de que se produzcan accidentes y la frecuencia de los accidentes tiende a crecer, aunque se ha demostrado que el incremento no es lineal.

La topología de los accidentes cambia al variar la intensidad, ya que con un tránsito reducido predominan los accidentes que afectan a vehículos aislados, mientras que al aumentar la intensidad son más frecuentes las colisiones entre varios vehículos.

También es importante mencionar que la intensidad del tráfico tiene una influencia importante, si la frecuencia y las condiciones de los accesos a la ruta aumentan.

2.3.2 Aforos y procesamiento de datos

No existe una clasificación de los tipos de vehículos que transitan, por lo que se pudo observar de manera general transitan vehículos pesados como flotas, camiones que

transportan maíz, cebollas, hortalizas, frutas y animales, vehículos livianos como micros, trufis y taxis que realizan el transporte público y vehículos particulares que varían (como motocicletas automóviles vagonetas camionetas, etc.).

En cuanto a los conductores de los vehículos que hacen uso de este trayecto podemos indicar que la mayoría no cumple en lo más mínimo en lo más mínimo con las reglas de tránsito y de seguridad (como exceso de velocidad, de carga de materiales y pasajeros).

Para el procesamiento de datos primeramente se elaboró planillas para los aforos según la necesidad donde se detalla el tipo de vehículo según la siguiente clasificación:

- | | |
|----------------------------------|--------------------------------|
| 1: Automóviles Vagonetas y Jeep. | 7: Camiones. |
| 2: Minibuses (7 a 15 Asientos). | 8: Microbuses Dos Ejes. |
| 3: Buses Medianos Dos Ejes | 9: Buses Grandes Tres Ejes. |
| 4: Camiones Medianos Dos Ejes | 10: Camiones Grandes Dos Ejes. |
| 5: Camiones Grandes Tres Ejes. | 11: Camiones Semirremolque. |
| 6: Camiones Remolque. | 12: Otros Vehículos. |

2.3.3 Metodología de la Universidad de Catania

El índice de seguridad de la ruta y de cada elemento geométrico está dado por la siguiente expresión:

$$I.S. = FE \times FFA \times FSA$$

Dónde:

FE = Factor de Exposición

FFA = Factor de Frecuencia de Accidentes

FSA = Factor de Severidad de Accidentes

2.3.4 Factor de Exposición (FE)

Este factor tiene que ver con la exposición de los usuarios a los peligros del camino y está directamente relacionado con el tránsito medio diario anual de la ruta y la longitud del tramo en análisis, según la siguiente ecuación:

$$FE = \frac{L \times TMDA}{1000}$$

Dónde:

L = Largo del tramo evaluado en Km.

TMDA = Tránsito medio diario anual de la ruta (1.000 vehículos por día).

El TMDA considerado en el análisis para el factor de exposición de cada uno de los tramos de las rutas consideradas en el presente documento, se indican en anexos.

2.3.5 Factor de Frecuencia de Accidentes (FFA)

El factor de frecuencia de accidentes considera aquellos accidentes por deficiencia en elementos de seguridad ruta, como también aquellos influenciados o relacionados por el diseño de la ruta, según la siguiente ecuación:

$$FFA = FFAIS \times FFADG$$

Dónde:

FFAIS = Factor de frecuencia de accidentes por inspección de seguridad.

FFADG = Factor de frecuencia de accidentes por diseño geométrico.

2.3.5.1 Factor de Frecuencia de Accidentes por Inspección de Seguridad (FFAIS)

Este factor corresponde a la multiplicación del FFA_j para cada ítem de seguridad inspeccionado, ver la siguiente ecuación:

$$FFAIS = \prod_{j=1}^l FFA_j$$

Dónde:

FFA_j = Factor de frecuencia de accidentes para el ítem de seguridad j.

l = Número de aspectos (Ítems) de seguridad inspeccionados.

A su vez el factor de frecuencia de accidentes para el ítem de seguridad j (FFA_j), está dado por la siguiente expresión:

$$FFA_j = 1 + WS_j \times \Delta FA_j \times P_j$$

Dónde:

P_j = Proporción de tipos de accidentes que son provocados por el ítem de seguridad j, según Cuadro N° 2.2.

ΔFA_j = Incremento en el riesgo de accidentes por el ítem de seguridad, según Cuadro N° 2.2.

WS_j = Promedio ponderado la evaluación hecha mediante la inspección de los ítems j (S_{ik}), en todos los tramos de la ruta en estudio y en ambos sentidos, dado en la siguiente ecuación. Según cuadro N°2.3.

$$WS_j = \sum_{i=1}^{m_j} \sum_{k=1}^{(2 \times n)} S_{ik}$$

Dónde:

n = Número total de sectores evaluados dentro de una pista de un tramo.

k = Índice para el número de sector evaluado.

j = Número de ítem (Ver Cuadro N° 2.3).

i = Número de elemento dentro de un ítem (Ver Cuadro N° 2.3).

m_j = Número total de elementos de seguridad dentro de un ítem de seguridad.

S_{ik} = Evaluación del ítem de seguridad (Cuadro N° 2.4).

Cuadro N°2. 2 Incremento en el riesgo de accidentes por el ítem de seguridad

Ítem de seguridad j	Accidentes relacionados (P_j)	ΔFA_j	Observación
Accesos	1,0	1,35	
Sección transversal	0,6	0,15-1,00	El factor ΔFA_j está en función del TMDA
Trayectoria (Nocturna)	1,0	0,30	
Demarcación	1,0	0,20	
Pavimento	1,0	0,10	
Entorno	0,6	0,00	Este factor no influye en el Factor de frecuencia de accidentes para el ítem de seguridad.
Visibilidad	1.0	0,50	
Señalización	1.0	0.20	

Fuente: Aplicación de metodología para determinar el nivel de seguridad vial en rutas.

A continuación, se explica el aumento de riesgo de accidente estimado para cada problema de seguridad.

Accesos

Los accesos directos a las carreteras pueden aumentar significativamente los accidentes. La ubicación de los accesos (por ejemplo, los accesos en las curvas horizontales) pueden ser muy peligrosas, la metodología también considera la densidad de accesos de entrada al camino, donde se han desarrollado estudios donde muestran el efecto dramático de accesos en la seguridad vial. El ΔFA_j en relación con una alta frecuencia de accesos peligrosos es igual a 1.35%. (Cafiso, 28 July 2006, pág. 7).

Ancho de la sección transversal

La sección transversal afecta a vehículos individuales en accidentes tipo despiste, y a múltiples vehículos en accidentes tipo colisión por alcance y colisiones laterales, en sentidos opuestos (ruta bidireccional), o en el mismo sentido (rutas unidireccionales). (Cafiso, 28 July 2006, pág. 7).

Mientras más anchas sean las pistas y bermas, menor es la cantidad de accidentes. Sin embargo, la literatura sugiere que pistas muy anchas pueden ser contraproducentes. Si el TPDA es mayor a 2000 vpd, y los carriles son estrechos, en comparación con los carriles y las bermas ideales, aumenta la probabilidad de accidentes relacionados en un 100%. Si TPDA es menor que 400 vpd, el aumento en la probabilidad de accidente relacionado es del 15%. (Cafiso, 28 July 2006, pág. 7).

Trayectoria Nocturna

La demarcación y trazado de la carretera durante el día se puede visualizar con eficacia las marcas y señalizaciones en el pavimento. En condiciones nocturnas y climáticas, requieren a menudo una diferente proporción a largo del alcance de la alineación vial. La delimitación adicional es un factor importante de seguridad vial en cualquier condición; en curvas horizontales, especialmente curvas aisladas con un radio corto es crítico. El signo alineación chevron es un dispositivo de control importante de tráfico utilizado para advertir a los conductores de la gravedad de una curva sobre la alineación de la carretera alrededor de esa curva (referencia 24). La falta de señalización, hitos o reflectores de barrera puede conducir a un aumento del riesgo de accidentes equivalente al 30%. (Cafiso, 28 July 2006).

Demarcación

Una gran parte de la literatura ha investigado que el efecto de la demarcación en accidentes, lo que demuestra que su mejora es probable que sea rentable, el incremento relativo en el riesgo de accidente se asumió igual a 20% para las líneas ineficaces y la línea central. (Cafiso, 28 July 2006, pág. 7).

Pavimento

La fricción en el pavimento tiene mayor impacto en la seguridad vial, la resistencia al deslizamiento de la superficie de la carretera es un factor de seguridad importante, especialmente cuando la superficie esta mojada. Varios estudios muestran un aumento en el riesgo de accidente cuando la fricción disminuye por debajo del umbral de ciertos valores. La irregularidad también afecta a la seguridad vial, aunque el efecto de fricción ha sido probado por más estudios. El ΔAF_j en relación con la uniformidad y la fricción inadecuada ha sido seleccionado igual a 10%. (Cafiso, 28 July 2006, pág. 8).

Visibilidad

La distancia visual inadecuada en las curvas horizontales y verticales es un común factor que contribuye al accidente. Los impresos indican ampliamente diferentes valores relacionados con el efecto de medidas de mejora de la distancia de visión (Referencia 30-31). Teniendo en cuenta esta variabilidad, la ΔAF_j con respecto a la distancia de visibilidad inadecuada en ambas curvas horizontales y verticales fue seleccionado como igual a 50%. (Cafiso, 28 July 2006, pág. 8).

Señalización

Las señales reglamentarias y de advertencia tienen el mayor efecto sobre la seguridad y vial. Llamen la atención sobre las condiciones inesperadas dando sugerencias sobre el comportamiento de la carretera y para situaciones que pueden no ser fácilmente evidentes para usuarios de la carretera, Las señales de regulación, tales como los límites de velocidad, pueden afectar a la seguridad vial mediante la transmisión de información esencial sobre el comportamiento seguro. Para la señalización ineficiente, el factor de riesgo relativo se asumió como igual al 20%. (Cafiso, 28 July 2006, pág. 8).

Cuadro N°2. 3 Descripción de los elementos que conforman el cálculo del promedio ponderado de la evaluación del ítem de seguridad

	Ítem de seguridad (j)	i	Elemento de Seguridad (i =N° elementos dentro del ítem)	m_j
1	Accesos	1	Ubicación	2
		2	Densidad de accesos	
2	Sección transversal	1	Ancho de pista	2
		2	Ancho de berma	
3	Trayectoria (Nocturna)	1	Delineadores	4
		2	Señales	
		3	Reflectores de defensas	
		4	Demarcación	
4	Demarcación	1	Líneas de borde	2
		2	Línea de centro	
5	Pavimento	1	Fricción	2
		2	Irregularidad	
6	Entorno	1	Terraplén	4
		2	Puentes	
		3	Obstáculos laterales (Barandas de puentes, arboles, arboles, transiciones de defensas, etc.)	
		4	Canales o fosos	
7	Distancia de visibilidad	1	En curvas Horizontales	2
		2	En curvas verticales	
8	Señalización	1	Reglamentarias	2
		2	Advertencia de Peligros y/o Delineadores Direccionales	

Fuente: Aplicación de metodología para determinar el nivel de seguridad vial en rutas.

Las evaluaciones de seguridad se llevarán a cabo utilizando listas de control a los principales elementos de seguridad que pueden estar constantemente presente a lo largo de los caminos (Ver Cuadro N° 2.4).

Para el control de los elementos de seguridad se utilizará el Cuadro N° 2.4 donde se definieron procedimientos para la identificación y clasificación de la seguridad vial. Los problemas de seguridad se clasifican como "problema de alto nivel" (Puntuación igual a 1), "problema de bajo nivel" (puntuación igual a 0,5) y no hay problema (puntuación igual a 0).

Los controles de seguridad se lo realizaran para ambas direcciones de la carretera, con una etapa de 200 metros, es decir para cada segmento de 200 m se evaluarán los siguientes criterios: accesos, sección transversal, trayectoria nocturna, demarcación, pavimento, entorno, distancia de visibilidad y señalización.

Cuadro N°2. 4 Evaluación del ítem de seguridad j (elementos de seguridad Sik)

Ítem de seguridad (j)	Elemento de Seguridad (i =N° elementos dentro del ítem)	Severidad Alta Sik=1	Severidad Media Sik=0.5	Severidad Baja Sik=0.0
Accesos	Ubicación	Curvas horizontales, curvas verticales, localidades con mala visibilidad o cercano a intersecciones	NO pavimentados Angostos	No hay o en rectas o con visibilidad
	Densidad de accesos	≥ 3 cada 200m	< 3 cada 200m	
Sección transversal	Ancho de pista	$L < 2,75m$	$2.75 < L < 3.25$	$3.25 < L$
	Ancho de berma	Ancho $< 0,30m$	$0,3m \leq$ Ancho $< 1,0m$	$1,0 m \leq$ ancho
Trayectoria (Nocturna)	Delineadores	Ausencia o deficiencia en curvas	Poco visibles (sucios) o ausentes en curvas moderadas	No se requieren o están en buen estado y suficiencia
	Señales	Poco visibles	Poco visibles (sucios) o ausentes en curvas moderadas	No se requieren o están en buen estado

Ítem de seguridad (j)	Elemento de Seguridad (i =N° elementos dentro del ítem)	Severidad Alta Sik=1	Severidad Media Sik=0.5	Severidad Baja Sik=0.0
Trayectoria (Nocturna)	Reflectores de defensas	Ausencia	Poco visibles o ausencia parcial	No se requieren o están en buen estado
	Demarcación	Ausencia o desvanecidas	Obstruida por vegetación poco visible	Visible
Demarcación	Líneas de borde	Ausencia o desvanecidas	Obstruida por vegetación poco visible	Existe y es Visible
	Línea de centro	Ausencia o desvanecidas	Poco visible	Existe y es Visible
Pavimento	Fricción	Superficie pulida, exudada, mala macro textura	-	Suficiente
	Irregularidad	Baches, ahuellamiento, parches, corrugación cerca de intersecciones o curvas.	Bajo nivel de corrugación, ahuellamiento, baches superficiales, parches en rectas.	No hay.
Entorno	Terraplén	Sin defensas con altura >3m y pendientes > 2/3	Sin defensas con altura >3m y pendientes < 2/3	>3 m con defensas
	Puentes	Barreras insuficientes	Nivel de contención inapropiado	Existente y son suficientes
	Obstáculos laterales (Barandas de puentes,	Defensas sin terminales apropiados,	Terminal inapropiado	Defensas con terminales.

Ítem de seguridad (j)	Elemento de Seguridad (i =N° elementos dentro del ítem)	Severidad Alta Sik=1	Severidad Media Sik=0.5	Severidad Baja Sik=0.0
	arboles, arboles, transiciones de defensas, etc.)	Arboles u obstáculos rígidos a menos de 3m de la calzada.	Obstáculos entre 3 y 8m de la calzada	No existente obstáculos a menos de 3m de la calzada.
	Canales o fosos	a menos de 3m de la calzada	Entre 3 y 5m de la calzada	>5m
Distancia de visibilidad	En curvas Horizontales	Menos 50m por obstáculos al interior de la curva.	Distancia de visión disponible mayor que 50 m pero inadecuado para dar la percepción correcta de la carretera	Buena distancia de visibilidad
	En curvas verticales	Menos 50m	Distancia de visión disponible mayor que 50 m pero inadecuado para dar la percepción correcta de la carretera	Buena distancia de visibilidad
Señalización	Reglamentarias	Ausencia	Mala visibilidad.	Existen y son visibles.
	Advertencia de Peligros y/o Delineadores Direccionales	Ausencia	Mala visibilidad.	Existen y son visibles.

Fuente: Aplicación de metodología para determinar el nivel de seguridad vial en rutas.

Para el caso del ítem de seguridad “Demarcación”, elemento “Línea de Centro”, se considerará si Existe y es Visible, ya que se evaluó la funcionalidad de esta y no el aspecto normativo. También se consideró en la evaluación la demarcación lateral o central, el factor climático que pueda existir en la ruta. Por ejemplo, la presencia de nieve requiere que la ruta posea una demarcación amarilla, si esto no se cumpliera, la severidad de este ítem y en el tramo correspondiente, sería Alta.

Al igual que la demarcación, otro aspecto que se ve influenciado por el factor climático es la “Señalización”. En todas aquellas rutas en que se pueda observar la presencia importante de niebla, se analizará la presencia de la señalización asociada a este fenómeno. En el caso de no existir, se considerará una ausencia, lo que representa una Severidad Alta para el sector analizado bajo este aspecto.

De igual forma, para el ítem de seguridad “Entorno” en el elemento “Terraplén”, para el caso de Severidad Baja, si bien puede existir la defensa para esta condición, es necesario realizar un segundo análisis para verificar si estas barreras cumplen con el nivel de contención necesario conforme al tipo de tránsito que posee la ruta. En aquellos casos que no se cumpla con el nivel de contención, se considerara una Severidad Alta. También en este mismo ítem de seguridad, pero para el elemento de seguridad “Puentes”, se considerará como Barrera Insuficiente (Severidad Alta), cuando no existía barrera o bien esta se encuentra destruida.

Adicionalmente, al analizar el ítem de seguridad “Entorno” también se estudiará postes cercanos a la calzada, árboles de diámetros importantes, bocas de entrada y salida de obras de arte, barreras sin terminales, como parte del elemento de seguridad “Obstáculos Laterales”.

2.3.5.2 Factor de Frecuencia de Accidentes por Diseño Geométrico (FFADG)

Este factor se calcula mediante la Ecuación 7.

$$FFADG = 1 + WS_{DG} \times \Delta AF_{DG} \times P_{DG}$$

Dónde:

WS_{DG} = Promedio ponderado de los elementos de seguridad por diseño geométrico.

ΔAF_{DG} = Incrementos de riesgo de accidentes debido a los elementos geométricos del tramo a evaluar, La bibliografía (Lamm, R., B. Psarianos, and S. Cafiso. Safety Evaluation Process of Two-Lane Roads. A 10-Year Review. In Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 1796, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 2002, pp. 51-59.) indica para tramos curvos existe un mayor riesgo en el aumento de accidentes en comparación con las tangentes en un 700% (ΔAF_{DG} asumir 7 para tramos curvos y 1 para Tramos rectos).

P_{DG} = Proporción de accidentes provocados por el elemento de seguridad y su evaluación (según Cuadro N° 2.5).

Para un tramo con v elementos geométricos (rectas y curvas), el parámetro WS_{DG} se determina con la siguiente ecuación:

$$WS_{DG} = \frac{\sum_{k=1}^v GDS_k \times L_k}{\sum_{k=1}^v L_k}$$

Dónde:

V = Número de elementos geométricos (rectas y curvas) en el tramo a evaluar.

L_k = Largo del elemento geométrico a evaluar.

GDS_k = Ponderación del elemento según evaluación (Cuadro N° 2.5).

Cuadro N° 2. 5 Ponderación del elemento según evaluación

GDS _k en Curva		GDS _k en Recta		Accidentes relacionados P _{DG}
Buena	0.2	Cumple	0.0	Despiste 0.30
Regular	0.5	No cumple	0.1	Colisión por alcance y colisión lateral 0.45
Mala	1.0			

Fuente: Aplicación de metodología para determinar el nivel de seguridad vial en rutas.

En el caso de GDS_k , en recta se considerará que cumple si satisface las siguientes condiciones (Capítulo 2 incisos 2.3.2.2 Manual de Carreteras):

- ✓ En el caso de los alineamientos rectos evitar longitudes en recta superiores a:

$$L_r (m) = 20 V_p (km/h)$$

L_r = Largo en m de la alineación recta.

V_p = Velocidad de Proyecto del sector.

- ✓ Para tramos rectos intermedios de mayor longitud, deberán alcanzar o superar los mínimos que se señalan en el cuadro N° 2.6, los que responden a una mejor definición óptica del conjunto que ya no opera como una curva en S propiamente, y están dados por $L_r = 1,4 \text{mín} * V_p$.

Cuadro N° 2. 6 L_r mín. entre curvas de distinto sentido - condición c)

$V_p(km/h)$	40	50	60	70	80	90	100	110	120
$L_r(m)$	56	70	84	98	112	126	140	154	168

Fuente: Manual de carreteras A.B.C. cuadro 2.3-1.

- ✓ En curvas del mismo sentido donde es recomendable evitar las rectas excesivamente cortas según la normativa vigente, se considera que deberá cumplir con las longitudes mínimas o recomendadas, cuadro N° 2.7.

Cuadro N° 2. 7 L_r Mín. entre curvas del mismo sentido

$V_p(km/h)$	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Terreno llano y ondulado	-	110/55	140/70	170/85	195/98	220/110	250/125	280/150	305/190	330/250
Terreno montañoso	25	55/30	70/40	85/50	98/65	110/90				

Fuente: Manual de carreteras A.B.C. cuadro 2.3-2. A.

Los dos valores para una misma velocidad son valor deseable y mínimo.

En el caso de GDS_k , en sectores de curva, se considerará para su evaluación lo siguiente.

Buena si la curva posee el radio adecuado para cumplir con el V85% en aquellos casos que es precedida por una recta superior a 400 m. Si la longitud en recta que la precede es inferior a 400 m., se considerará buena si su radio cumple para la velocidad de proyecto del sector en análisis.

Regular si la curva no posee el radio adecuado para cumplir con el V85% para aquellos casos en que es precedida por una recta superior a 400 m., pero su radio cumple para la velocidad de proyecto del sector en análisis.

Mala si la curva no posee el radio adecuado para la velocidad de proyecto del sector en análisis.

2.3.6 Factor de Severidad de Accidentes (FSA).

El factor de severidad de accidentes, evalúa las consecuencias de un probable siniestro de tránsito y está asociado a la velocidad de operación y al peligro lateral (entorno), para lo cual se deberá considerar la siguiente ecuación:

$$FSA = \left(\frac{V85}{Vp}\right) \times FA$$

Dónde:

V85 = Velocidad V85% en función de la Velocidad de Proyecto (Vp).

VP = Velocidad de proyecto según diseño geométrico.

FA = Factor de accidentabilidad.

Para el caso nacional se debe considerar la Tabla 2.1-2 del Manual de Carreteras, para determinar el V85%.

Cuadro N° 2. 8 V85% al final de una recta según longitud y velocidad de proyecto

Vp(km/h)	40	50	60	70	80	90	100	120
400 m ≤ Lr ≤600 m	50	60	70	80	90	100	110	125
Lr >600 m	60	70	80	90	100	110	115	130

Fuente: Manual de carreteras A.B.C. Tabla 2.1-2.

El factor de accidentabilidad (FA), está dado por las siguientes ecuaciones:

$$FA = 1 + WS_{lateral} \times P_{lateral} \times \Delta AS_{lateral}$$

Dónde:

$P_{lateral}$ = Proporción de accidentes relacionados al ítem entorno (Se adopta 0.3).

$\Delta AS_{lateral}$ = Incremento en accidentes para problemas de entorno (Se adopta 2.0).

$WS_{lateral}$ = Promedio ponderado de evaluación de elementos del entorno.

Por lo tanto, la expresión anterior se reduce a:

$$FA = 1 + 0,6 \times WS_{lateral}$$

Teniendo en cuenta que WS lateral evalúa los elementos de carretera incluyendo terraplenes, puentes, terminales de barrera peligrosas, árboles, postes de electricidad y obstáculos rígidos zanjas y transiciones, Se calcula con la siguiente expresión:

$$WS_{lateral} = \frac{\sum_{k=1}^{2 \times n} \max_i(S_{ik} \times F_i)}{n}$$

Donde:

S_{ik} = Evaluación del elemento de seguridad i al inspeccionar el sector k según Cuadro N° 2.3.

F_i = Factor de Ponderación del elemento de seguridad según Cuadro N° 2.9.

n = Número total de sectores evaluados dentro de una pista de un tramo. (En el caso del análisis de un tramo y un sentido de análisis, este valor es 5).

Cuadro N° 2. 9 Factor de ponderación del elemento de seguridad

Elemento de seguridad	Factor de ponderación
Terraplén	3
Puentes	5
Arboles u obstáculos rígidos	2
Terminales peligrosas	2
Canales o fosos	1

Fuente: Aplicación de metodología para determinar el nivel de seguridad vial en rutas.

2.4 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DEL ÍNDICE DE SEGURIDAD.

Estado	Rango de puntuación I.S.
Excelente	0,00 - 20,00
Bueno	20,00 - 40,00
Regular	40,00 - 60,00
Malo	60,00 - 80,00
Pésimo	80,00 - 100,00

Fuente: Cafiso, S., A. Di Graziano, G. La Cava, S. Leonardi, A. Montella, G. Pappalardo, and S. Taormina, *Identification of Hazard Location and Ranking of Measures to Improve Safety on Local Rural Roads (IASP)*. Mid Term Research Report, European Union DG TREN Project –03-ST-S07.31286, Catania, Italy, 2006.

2.5 LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

La prioridad en el levantamiento de parámetros de seguridad está determinada por el factor de frecuencia de accidentes, que a su vez está determinado por:

- ✓ Inspecciones de elementos de seguridad.
- ✓ Evaluación de diseño geométrico.

El levantamiento se enfoca desde el punto de vista de la eficiencia y eficacia que se requiere para una evaluación rápida y objetiva de la red, de manera de lograr determinar las necesidades de cada ruta en un periodo de tiempo reducido.

Por lo tanto, los parámetros a evaluar son los requerimientos del índice de seguridad y cuya evaluación se desarrolló como se indica a continuación.

Cuadro N° 2. 10 Métodos de levantamiento del ítem de seguridad

Ítem de seguridad (j)	Elemento de Seguridad (i =N° elementos dentro del ítem)	Método de Levantamiento
Accesos	Ubicación	Levantamiento realizado en campo y desde Cámara de Video
	Densidad de accesos	
Sección transversal	Ancho de pista	Información obtenida en campo mediante mediciones
	Ancho de berma	
Trayectoria (Nocturna)	Delineadores	Levantamiento realizado en campo y desde Cámara de Video
	Señales	
	Reflectores de defensas	
	Demarcación	
Demarcación	Líneas de borde	Levantamiento realizado en campo y desde Cámara de Video
	Línea de centro	
Pavimento	Fricción	Información obtenida en campo mediante inspecciones al estado del pavimento
	Irregularidad	
Entorno	Terraplén	Levantamiento realizado desde Cámara de Video
	Puentes	Levantamiento realizado desde Cámara de Video
	Obstáculos laterales (Barandas de puentes, arboles, arboles, transiciones de defensas, etc.)	Levantamiento realizado desde Cámara de Video
	Canales o fosos	Levantamiento realizado directamente en terreno
Distancia de visibilidad	En curvas Horizontales	Levantamiento realizado desde Video y complementado con inspección visual de terreno.
	En curvas verticales	
Señalización	Reglamentarias	Levantamiento realizado desde Cámara de Video
	Advertencia de Peligros y/o Delineadores Direccionales	

Fuente: Elaboración propia.

2.6 METODOLOGÍAS SIMILARES PARA ESTIMACIÓN DEL ÍNDICE DE SEGURIDAD

2.6.1 Estudio Integral de la Seguridad Vial en Carreteras Rurales de Dos Carriles

La investigación se fundamenta en la necesidad de evaluar la seguridad vial, en las vías de interés nacional declaradas como rurales, a partir de los grupos de parámetros que mayor influencia tienen en la misma, como son: el diseño geométrico, el tránsito, la señalización y el estado de los distintos elementos que forman parte de la vía.

2.6.1.1 Propuesta de metodología

A partir de la revisión bibliográfica, la experiencia existente en Cuba y las comprobaciones numéricas realizadas, se propone una metodología integral para la evaluación de la seguridad vial en vías rurales de dos carriles de interés nacional, que toma además en consideración métodos utilizados en otras regiones, adecuados al entorno y condiciones del país.

Propuesta de metodología integral para la evaluación de la seguridad vial en vías rurales de dos carriles de interés nacional.

a) Caracterización de la accidentalidad por tramos de vías.

Determinación de las características de cada tramo de vía de interés nacional (longitud, tipo de vehículo, PAVDT, etc.)

Determinación de los IA, IM en cada tramo para cada uno de los años.

Selección de los TCA

Determinación de los costos

b) Análisis de las características geométricas de los tramos.

La planta.

El perfil.

Sección transversal.

Coordinación planta–perfil.

Modelos de predicción de accidentes.

c) Evaluación del nivel de servicio y composición de la corriente vehicular.

d) Análisis de la señalización e iluminación.

Señalización vertical.

Señalización horizontal.

Iluminación.

- e) Propuestas de medidas o actuaciones.
- f) Análisis integral del comportamiento de la seguridad vial.

En el análisis integral de la seguridad vial se propone aplicar como método de evaluación el índice de estado, asignando un rango de valores para cada estado de seguridad, según aparece en la tabla 2.11.

Cuadro N°2. 11 Índice de estado para el diagnóstico de la seguridad vial

Estado	Rango de puntuación
Excelente	8,50-10,00
Bueno	7,00- 8,49
Regular	6,00- 6,99
Malo	3,50- 5,99
Pésimo	0,00- 3,49

Fuente: Estudio Integral de la Seguridad Vial en Carreteras rurales de Dos Carriles.

El índice de estado utiliza una expresión propuesta a partir de la influencia relativa de cada uno de estos factores en la seguridad, dado por las causas de la accidentalidad y corroborado por el criterio de especialistas de la Unidad Provincial de Tránsito, Centro Provincial de Vialidad, Universidad central y otros:

$$IE_{SV} = 0,25IE_{Geometría} + 0,15IE_{Transito} + 0,20IE_{Señal}$$

Los aspectos que intervienen en el índice de estado se evalúan por las expresiones siguientes:

$$IE_{Geometría} = 0,25IE_{Planta} + 0,25IE_{Perfil} + 0,25IE_{Sección} + 0,25IE_{Planta-Perfil}$$

$$IE_{Transito} = 0,30IE_{Composición} + 0,40IE_{Nivel\ Servicio} + 0,30IE_{Velocidad}$$

$$IE_{Señalización} = 0,40IE_{Señalización\ Vertical} + 0,40IE_{Señalización\ Horizontal} + 0,20IE_{Iluminación}$$

$$IE_{Estado} = 0,30IE_{Calzada} + 0,10IE_{Paseos} + 0,10IE_{Drenaje} + 0,05IE_{Textura} + 0,20IE_{Fricción} \\ + 0,20IE_{Regularidad} + 0,05IE_{Deflexión}$$

2.6.2 ÍNDICE DE SEGURIDAD DE TRÁNSITO (INSETRA)

INSETRA es un índice que busca estimar el nivel de la seguridad de tránsito en una localidad. Éste ha evolucionado en paralelo con su aplicación en diferentes ciudades. En la generalidad, dicho indicador presenta los siguientes aspectos relevantes.

Evalúa el estado de la seguridad de tránsito a través de dos dimensiones:

Dimensión de resultado: da cuenta del nivel de preservación de la vida, la salud y los bienes de las personas. Se traduce operativamente en la medición de la magnitud de los siniestros de tránsito y sus consecuencias. Las componentes de esta dimensión son:

Magnitud de la siniestralidad (ej.: Número de siniestros por cada tipo). •
Consecuencias de la siniestralidad (ej.: Tasa de fallecidos por cada 100.000 habitantes).

Dimensión de sustento: da cuenta del nivel de armonía en las actividades de transporte. Se traduce operativamente en la medición del riesgo observado en factores asociados a la siniestralidad. Las componentes de esta dimensión son:

Riesgo vehicular (ej.: Estado promedio de los frenos).

Riesgo vial (ej.: Estado promedio de las señales de tránsito).

Riesgo en la conducta individual (ej.: Uso promedio del cinturón de seguridad).

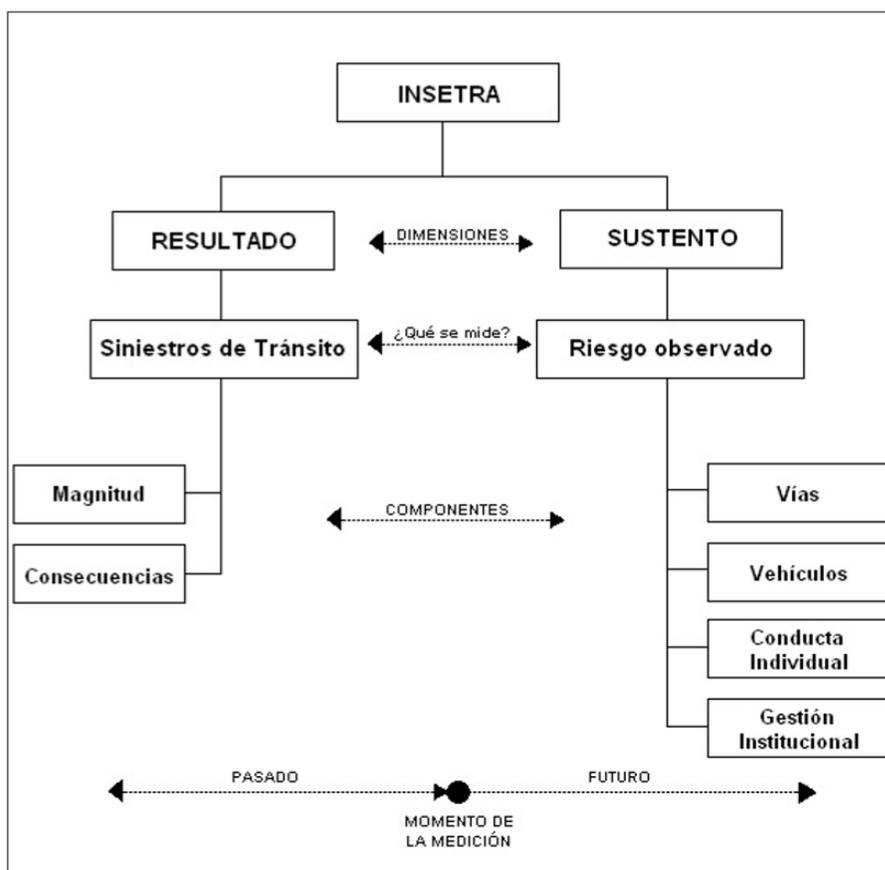
Riesgo asociado a la gestión institucional (ej.: Cuánto aportan las instituciones en pos de la seguridad de tránsito).

Cada componente está constituida por uno o más indicadores cuantitativos que describen el estado de distintos aspectos de la seguridad de tránsito.

Para la cuantificación de cada indicador se usa una escala porcentual. El valor mínimo de la escala es 0% (cero por ciento) y alude a un aspecto de la seguridad de tránsito que se encuentra en el estado más deficitario posible. El valor máximo es 100% (cien por ciento) y alude a un aspecto que se encuentra en su condición ideal.

A continuación, se muestra una figura donde se señala la estructura conceptual del INSETRA.

Figura N° 2.2 Estructura conceptual del Índice de Seguridad de Tránsito (INSETRA)



Fuente: CEPAL,2006.

2.6.2.1 Determinación de indicador de riesgo vial

El indicador de riesgo vial se construye a partir del catastro que se realiza en vías de la red vial. En dicha revisión se aplicará el formulario presentado en la Figura 2.2.

Cada pregunta tiene asociada hasta cinco respuestas, numeradas de 1 a 5. La opción 1 corresponde al nivel más bajo de seguridad (nota 0) y 5 al óptimo (nota 100). La calificación asociada al estado de las vías queda entonces determinada por el promedio simple de las notas promedio de cada formulario:

Cuadro N°2. 12 Formulario INSETRA ficha de preguntas componente vías

Ítem	Sub ítem	Preguntas
Nombre	Nombre	
Cruce	Carpeta de rodado	¿En qué estado se encuentra?
	Señalización Vertical	1, El conjunto de señales ¿cumple su función sin confundir a los usuarios?
		2, ¿Está completo el sistema de señalización?
		3, ¿Todas las demarcaciones se justifican? (exceso de demarcaciones)
		4, ¿Son claramente visibles y legibles?
		5, ¿Cómo califica su estado de conservación?
	Señalización Horizontal	6, El conjunto de demarcaciones ¿cumple su función sin confundir a los usuarios?
		7, ¿Está completo el sistema de demarcaciones?
		8, ¿Todas las demarcaciones se justifican?
		9, ¿Es adecuada su ubicación?
		10, ¿Cómo califica su estado de conservación?
	Facilidades para ciclistas	11, ¿Están adecuadamente diferenciadas de las facilidades vehiculares y peatonales?
		12, ¿Está adecuadamente señalizada? (en atención al grado de segregación) (sentido)
		13, ¿Es evidente la continuidad del circuito?
		14, ¿El estado de la superficie de rodado es adecuado para ciclistas?
		15, ¿La zona para ciclistas está libre de obstáculos? (sumideros, tapas sueltas, basura)
	16, ¿El conjunto de facilidades minimiza los conflictos de prioridad?	

	Facilidades para peatones	17, ¿Es evidente la continuidad de los circuitos peatonales?
		18, ¿La implementación física es apropiada? (ancho, desniveles)
		19, ¿En qué estado se encuentran?
		20, ¿Las facilidades están libres de obstáculos? (sumideros, tapas sueltas, basura, topes, postes)
	Diseño global	21, ¿La visibilidad es adecuada en todas las ramas?
		22, ¿La geometría del cruce minimiza conflictos en los virajes?
		23, ¿La geometría del cruce incentiva virajes a velocidades moderadas?
		24, ¿El cruce está libre de accesos demasiado cercanos?
Tramo	Carpeta de rodado	25, ¿En qué estado se encuentra?
	Señalización Vertical	26, El conjunto de señales ¿cumple su función sin confundir a los usuarios?
		27, ¿Está completo el sistema de señalización?
		28, ¿Todas las señales se justifican?
		29, ¿Son claramente visibles y legibles?
		30, ¿Cómo califica su estado de conservación?
	Señalización Horizontal	31, El conjunto de demarcaciones ¿cumple su función sin confundir a los usuarios?
		32, ¿Está completo el sistema de demarcaciones (incluyendo tachas)?
		33, ¿Todas las demarcaciones se justifican? (exceso de demarcaciones)
		34, ¿Es adecuada su ubicación?
		35, ¿Cómo califica su estado de conservación?
		36, ¿Están adecuadamente segregadas de los flujos vehiculares y peatonales?

	Zona para ciclistas	37, ¿Está adecuadamente señalizada? (en atención al grado de segregación) (sentido)
		38, ¿El estado de la superficie de rodado es adecuado para ciclistas?
		39, ¿La zona para ciclistas está libre de obstáculos? (sumideros, tapas sueltas, basura)
	Aceras	40, ¿Es adecuado su ancho?
		41, ¿Están libres de angostamientos? (hoyos, tazas de árboles, postes, basureros..)
		42, ¿La textura y adherencia son apropiadas para caminar?
Hitos (paradas, accesos, Zona comercial, etc..)	Hitos	43, ¿Es evidente la existencia del hito?
		44, ¿La vía está bien adaptada a los hitos existentes?
Evolución de la sección transversal (perspectiva del conductor)	Sección transversal	45, El conjunto de señales verticales y demarcaciones ¿cumple con la normativa?
		46, Si existen cambios en el número de pistas ¿la geometría de la transición es adecuada?
		47, Los anchos de pista ¿cumplen un rol positivo para la seguridad?
		48, La geometría y señalización de la vía ¿establecen con claridad los movimientos permitidos?
		49, La geometría de la vía ¿encauza ajustadamente los movimientos vehiculares?
		50, ¿El nivel de luminosidad es suficiente?
		51, Los puntos duros ¿cumplen un rol positivo para la seguridad?
		52, ¿Los estacionamientos están adecuadamente segregados?

Fuente: Instrumentos para la toma de decisiones en políticas de seguridad vial en América Latina El Índice de Seguridad de Tránsito (INSETRA).

2.6.2.2 Ponderadores INSETRA dimensión de resultado

La ponderación asignada a la dimensión resultado dentro de INSETRA es de un 50% para dimensión de resultados y 50% para dimensión de sustento. Cada indicador tiene un peso específico dentro de la estructura de la INSETRA los cuales se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro N°2. 13 Ponderadores en estructura original INSETRA

DIMENSIÓN		COMPONENTE		INDICADORES	
0,50	DIMENSIÓN RESULTADOS	0,50	MAGNITUD	0,50	Nota por N° siniestros /10.000 vehículos Nota por N° siniestros /100.000 habitantes
		0,50	CONSECUENCIAS	0,25	Nota por N° lesionados / 10.000 vehículos
				0,25	Nota por N° lesionados / 100.000 habitantes
				0,25	Nota por N° fallecidos / 10.000 vehículos
0,25	Nota por N° fallecidos / 100.000 habitantes				
0,50	DIMENSIÓN SUSTENTO	0,25	RIESGO VEHICULAR	0,50	Nota por aprobación revisiones técnicas Nota por equipamiento de seguridad
		0,25	RIESGO VIAL	1,00	Nota promedio Formulario de vías
		0,25	RIESGO COMPORTAMIENTO INDIVIDUAL	0,25	Nota Formulario peatones
				0,25	Nota Formulario conductores*
				0,25	Nota Formulario pasajeros
0,25	Nota Formulario ciclistas				
0,25	RIESGO GESTIÓN INSTITUCIONAL	0,50	Nota entrevistas organismos públicos Nota encuestas organismos públicos		

Fuente: CONASET.

El índice final INSETRA se calcula con la suma ponderada de los diversos elementos que lo constituyen:

Nota INSETRA = 0.5 * Nota de dimensión de resultado +0.5* Nota de Dimensión de Sustento.

Nota de Dimensión de Sustento = 0.25* Nota de componente de Riesgo vehicular +0.25 * Nota de Componente de Riesgo Vial +0.25* Nota + 0.25 * Nota de Componente Riesgo Comportamiento Individual + 0.25* Nota de componente Riesgo Gestión Institucional.

2.6.3 METODOLOGÍA IRAP (INTERNACIONAL ROAD ASSESSMENT PROGRAMME)

IRAP ha desarrollado una metodología para inspeccionar carreteras, detectar, priorizar riesgos, y formular planes de reducción de los mismos. Esta metodología (Figura 2.3) está basada en la investigación y la obtención de evidencia convincente, para lo que ha

desarrollado cuatro protocolos que se usan de manera consistente en todo el mundo para evaluar y mejorar la seguridad de las vías:

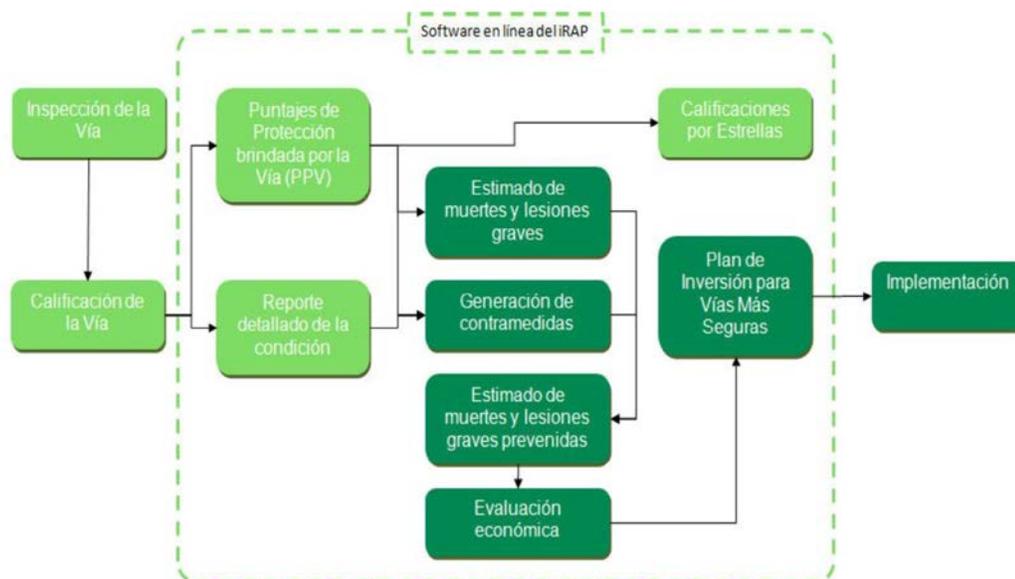
Mapas de riesgo elaborados con información específica de colisiones para precisar el número real de muertes y lesiones en una red vial.

Calificación por estrellas brinda una medición simple y objetiva del nivel de seguridad que provee el diseño de una vía.

Rastreo del desempeño posibilita el uso de la calificación por estrellas y los mapas de riesgo para rastrear el desempeño de la seguridad vial y establecer posiciones de políticas.

Planes de inversión para Vías Más Seguras basados en aproximadamente 70 opciones probadas para mejorar vías que produzcan infraestructuras asequibles y económicas que salven vidas.

Figura N° 2.3 Proceso de la inspección vial, la calificación por estrellas y los planes de inversión para vías más seguras del IRAP.



Fuente: www.irap.net

2.6.3.1 Clasificación por estrellas para vías más seguras

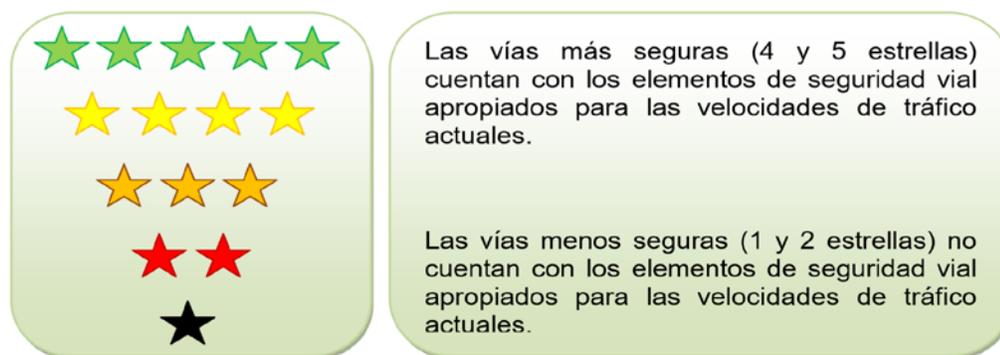
La clasificación por estrellas implica realizar una inspección con un enfoque sistemático para el diseño y renovación de la infraestructura vial basada en la investigación de sitios de conflicto con alta probabilidad de incidencia de colisiones,

así como, su nivel de gravedad. Además de evaluar las carreteras existentes, la Clasificación por Estrellas se ha ido utilizando para garantizar que la seguridad vial sea tomada en cuenta al momento de diseñar nuevas carreteras o planes de mejoramiento antes de iniciar las obras de construcción.

La metodología de IRAP ha tomado como base el trabajo de los Programas de Evaluación de Carreteras (RAP, por sus siglas en inglés) en los países desarrollados (EuroRAP, AusRAP y UsRAP) y la experiencia de organizaciones líderes en seguridad vial a nivel mundial, incluidos el ARRB Group (Australia), TRL (Reino Unido), el Midwest Research Institute (Estados Unidos) y MIROS (Malasia). A través de la aplicación de esta metodología en varios países, IRAP ha sido objeto de continua revisión y validación en los cuatro países piloto con los que se inició este proyecto.

El sistema otorga entre 1 a 5 estrellas dependiendo del nivel de seguridad que posee una vía, al mismo tiempo que identifica cada nivel con un color en específico como se muestra en la Figura 2.4.

Figura N° 2.4 Sistema de calificación por estrellas



Fuente: www.irap.net

5 Estrellas – Cuerpos separados, acotamientos, laterales de la carretera limpia, pocas intersecciones a desnivel con largos carriles de incorporación y límite de velocidad adecuado.

4 Estrellas – Sentidos separados con barrera en la mediana, acotamientos, intersecciones a desnivel y buena delineación.

3 Estrellas – Carretera de un solo cuerpo, recta, con laterales relativamente libres y acotamientos pavimentados.

2 Estrellas - Carretera de un solo cuerpo, con curvas estrechas, acotamientos pavimentados estrechos y obstáculos en los laterales.

1 Estrella - Carretera de un solo cuerpo, con fricción lateral (cruces, incorporaciones, etc.) y obstáculos en los laterales.

Con relación a lo anterior, se puede decir que un tramo carretero puede tener una pobre calificación por “estrellas” a pesar de sus características geométricas favorables (cuerpos separados, acotamientos amplios, intersecciones a desnivel, etc.), si a lo largo su trayecto presenta factores de riesgo tales como obstáculos laterales no frangibles, fricciones laterales, taludes inadecuados, etc.; por otro lado, si no se presentaran éstos factores de riesgo las características geométricas que tiene el camino lo limitan a un máximo en su calificación por “estrellas”.

2.6.3.2 Inspección con el modelo IRAP

La Clasificación por Estrellas del IRAP se basa en una inspección visual a detalle de todos los elementos que participan en la infraestructura vial del tramo en análisis, y que, de acuerdo a las investigaciones realizadas, influyen en la probabilidad de que ocurran colisiones. La clasificación se lleva a cabo mediante dos tipos de inspecciones visuales, en donde el tipo de inspección a utilizar dependerá de la tecnología disponible, la complejidad de la red vial y el grado al cual se pretenda desarrollar el proyecto.

Inspección visual desde el vehículo. El personal capacitado registra los elementos de la infraestructura vial a medida que se va avanzando en el vehículo utilizando un Dispositivo de Inspección Rápido (RAP). Este tipo de inspección es de carácter técnico y se utiliza frecuentemente en tramos que no son demasiado complejos o cuando se requiere de mucho tiempo para transportar el vehículo equipado que pueda realizar otro tipo de inspección.

Inspección basada en video. En este tipo de inspecciones primero se realiza un video de imágenes digitales secuenciales utilizando un vehículo equipado (Figura 2.5) que las va registrando cada 5-10 metros de distancia, logrando obtener una vista

panorámica de la vía al tomar fotografías frontales, posteriores y laterales de izquierda y derecha. La principal vista panorámica se calibra para que posteriormente se puedan realizar mediciones de elementos clave de la infraestructura vial. Cabe mencionar que el vehículo también cuenta con GPS que permite correlacionar las fotos con la ubicación real en la vía de estudio. Después de realizado el video, el personal capacitado conocidos como calificadores o codificadores realiza una inspección a nivel de escritorio en donde se registran todos los elementos de la vía que tengan una influencia en la seguridad vial del tramo con la ayuda de un software especializado.

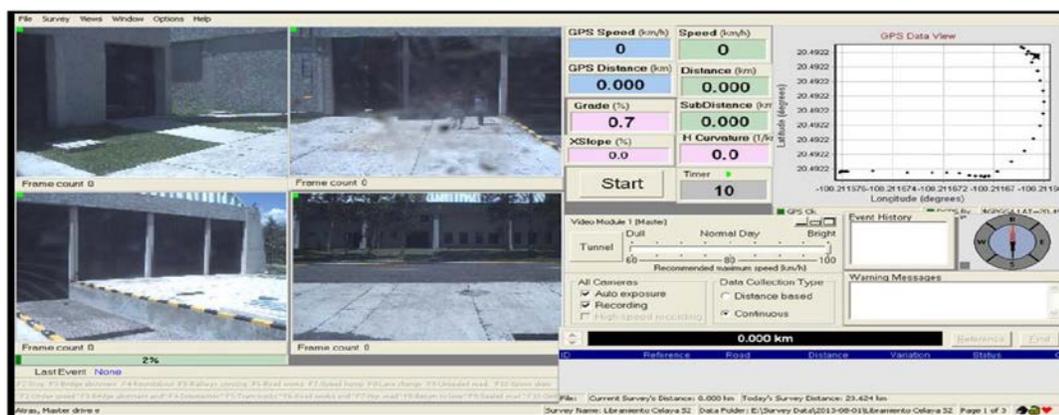
Figura N° 2.5 Vehículo con equipamiento IRAP encargado del levantamiento



Fuente: www.irap.net.

En la Figura 2.6 es posible observar la interfaz del programa utilizado durante el levantamiento llamado Hawkeye Onlooker Live. Este programa se encarga de recopilar toda la información capturada de las cámaras y de los equipos de medición de la geometría de la carretera y velocidades y aceleraciones del vehículo. De igual manera, es indispensable estar monitoreando todo el levantamiento con la finalidad de realizar observaciones que sean importantes para el procesamiento de los datos en oficina.

Figura N° 2.6 Interfaz de la inspección visual con Hawkeye Onlooker Live

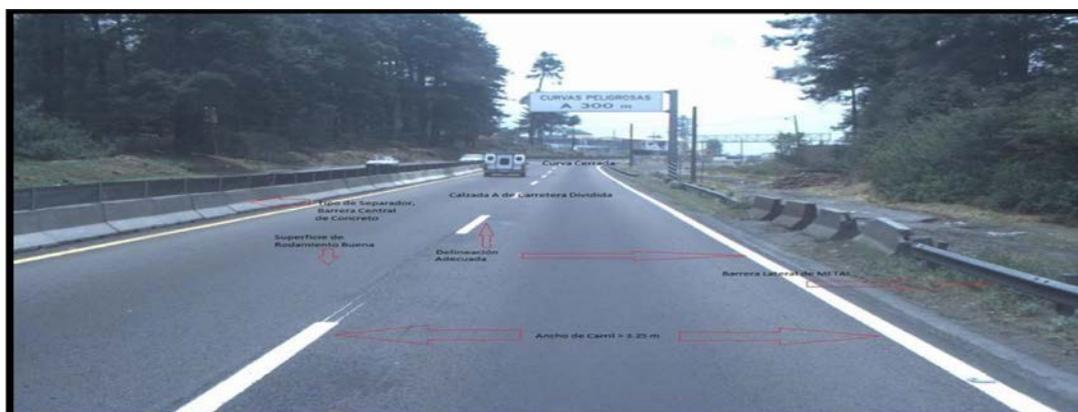


Fuente: www.irap.net

2.6.3.3 Procesamiento y reducción de datos

Una vez levantada la vía, la información es procesada a través del software Hawkeye Processing Toolkit, donde el calificador o los calificadores asignan a cada elemento de la infraestructura vial, una categoría de acuerdo a su condición física actual. La Figura 2.7 muestra un ejemplo sobre cómo se califica la vía, es decir, a través de las imágenes y geometría de la vía se pueden obtener alrededor de 60 atributos, dentro de cada uno de éstos, existen categorías que permitirán ir detallando las condiciones de la vía, a esta parte se le conoce como la reducción de datos. A partir de las imágenes, es posible obtener mediciones de anchos de carril, acotamientos, señalamientos, distancias a objetos en los costados, ubicación georreferenciada de señales, entre otras.

Figura N° 2.7 Inspección de la vía en la cámara central



Fuente: www.irap.net

2.6.4 CUADRO COMPARATIVO DE METODOLOGÍAS

Puntos a destacar	Índice de seguridad por metodología de Catania	INSETRA	Inspección con el modelo IRAP	Estudio integral de la seguridad vial en carreteras rurales de dos carriles
Medición del índice de seguridad	Ayuda a estimar la peligrosidad de una carretera en base a inspecciones en campo.	El INSETRA evalúa el estado de la seguridad de tránsito en un territorio o proyecto, a partir de las dimensiones básicas de resultado y sustento.	Ayuda a estimar la peligrosidad de una carretera en base a inspecciones en campo.	Ayuda a estimar la peligrosidad de una carretera en base a inspecciones en campo.
Datos de entrada	<p>FE: Factor de Exposición.</p> <p>FFA: Factor de Frecuencia de Accidentes.</p>	<p>Resultado: Magnitud y consecuencias.</p> <p>Sustento: Riesgo vehicular, Riesgo comportamiento, riesgo institucional.</p>	Longitud de tramo a evaluar.	<p>Geométrica</p> <p>Transito</p> <p>Señalización</p> <p>Estado</p>

	FSA: Factor de Severidad de Accidentes			
Parámetros a evaluar	<p>Factor de exposición (Longitud de tramo y TDMA).</p> <p>Factor de Frecuencia de Accidentes: Se realizarán evaluaciones a los siguientes elementos:</p> <p>Accesos. Sección transversal. Trayectoria Nocturna. Demarcación. Pavimento. Distancia de visibilidad.</p>	<p>1. Resultado:</p> <p>a) Magnitud: Nota por N° siniestros/10.000 vehículos. Nota por N° siniestros/100.000 habitantes.</p> <p>b) Consecuencias: Nota por N° lesionados/10.000 vehículos. Nota por N° lesionados/100.000 habitantes. Nota por N° fallecidos/10.000 vehículos.</p>	<p>a) Flujo de vehículos observado. b) Flujo peatonal observado. c) Límite de velocidad Severidad lateral. d) Acceso a propiedades. e) Número de carriles. f) Ancho de carril. g) Curvatura horizontal. h) Calidad de la curva. i) Pendiente. j) Condición de la superficie. k) Resistencia al deslizamiento. l) Delineación. m) Alumbrado de calles.</p>	<p>a) Geométrica: La planta. El perfil. Sección transversal Coordinación planta–perfil.</p> <p>b) Transito: Evaluación del nivel de servicio. Composición de la corriente vehicular.</p> <p>c) Señalización, iluminación Señalización vertical. Señalización horizontal. Iluminación.</p> <p>d) Estado</p>

	<p>Señalización.</p> <p>a) Factor de frecuencia de accidentes por diseño geométrico</p> <p>Promedio ponderado de elementos de seguridad curvas y rectas.</p> <p>b) Factor de severidad de accidentes:</p> <p>Velocidad de Proyecto.</p> <p>Velocidad V85%.</p> <p>Entorno: Terraplén, puentes arboles obstáculos canales o fosos.</p>	<p>Nota por N° fallecidos/100.000 habitantes.</p> <p>2. Sustento:</p> <p>a) Riesgo vehicular</p> <p>Nota por aprobación de revisiones técnicas.</p> <p>Nota por equipamiento de seguridad.</p> <p>Nota por catastro de vías.</p> <p>b) Riesgo comportamiento</p> <p>Nota por conducta de peatones.</p> <p>Nota por conducta de conductores.</p> <p>Nota por conducta de pasajeros.</p>	<p>n) Cruces peatonales.</p> <p>o) Calles laterales.</p> <p>p) Motovías.</p> <p>q) Ciclovías.</p> <p>r) Restricción visual a distancia.</p>	<p>Calzada.</p> <p>Paseos.</p> <p>Drenaje.</p> <p>Textura.</p> <p>Fricción.</p> <p>Irregularidad.</p> <p>Deflexión.</p>
--	---	---	--	---

		<p>Nota por conducta de ciclistas.</p> <p>c) Riesgo gestión institucional</p> <p>Nota por entrevistas institucionales.</p> <p>Nota por encuestas institucionales.</p>		
Procedimiento	<p>Obtener la relación para el cálculo del índice de seguridad.</p> <p>Definición de los parámetros de entrada.</p> <p>Obtención de los valores para cada parámetro de entrada.</p> <p>Calcular el índice de seguridad.</p>	<p>Para la realización de las mediciones y encuestas se debe llevar a cabo una serie de definiciones:</p> <p>Tamaño de la muestra a evaluar.</p> <p>Selección de las vías a catastrar.</p> <p>Identificación de los puntos de medición</p>	<p>El método se aplica mediante el uso de un vehículo equipado cámara de videos y software para captar la información del entorno de la carretera.</p>	<p>Obtener la relación para el cálculo del índice de seguridad.</p> <p>Obtener los parámetros de entrada.</p> <p>Obtener los valores para determinar los parámetros de entrada.</p> <p>Obtener el resultado.</p>

		<p>Definición sobre las instituciones a encuestar.</p> <p>Procesar y analizar la información recabada de acuerdo a criterios predefinidos.</p>		
Resultado de análisis	Valores de clasificación del 0 al 100 los valores más alto del índice está relacionado a un mayor riesgo de accidente.	Valores de clasificación del 0 al 100 los valores más alto del índice está relacionado a un mayor riesgo de accidente.	Valoración por estrellas del 1 al 5 no se desconoce valores obtenidos para la clasificación.	Valores de clasificación del 0 al 10 los valores más alto del índice está relacionado a un menor riesgo de accidente
Ventajas y desventaja de la aplicación	De fácil aplicación, evalúa en segmentos de 200m el tramo de estudio permitiendo determinar los elementos que presentan un riesgo.	Esta más aplicado a evaluar las avenidas en ciudades ya que el catastro que realiza evalúa en comportamiento de peatones, ciclistas y conductores.	Se evalúa mediante uso de la tecnología con vehículos equipados. Se desconoce los criterios utilizados para definir	No define niveles de seguridad para los elementos a evaluar dejando esto a criterio del evaluador. No define niveles de seguridad para los

	<p>La metodología define niveles de severidad para para los elementos de la carretera que influyen en la seguridad vial.</p> <p>La metodología puede evaluar si están disponibles o no los datos de accidentes de tránsito.</p>	<p>En caso de no contar con algún dato la metodología no es aplicable ya que se asigna una ponderación a cada componente.</p>	<p>niveles de seguridad a los elementos evaluados.</p>	<p>elementos a evaluar dejando esto a criterio del evaluador.</p>
--	---	---	--	---

CAPÍTULO III
APLICACIÓN PRÁCTICA

CAPÍTULO III: APLICACIÓN PRÁCTICA

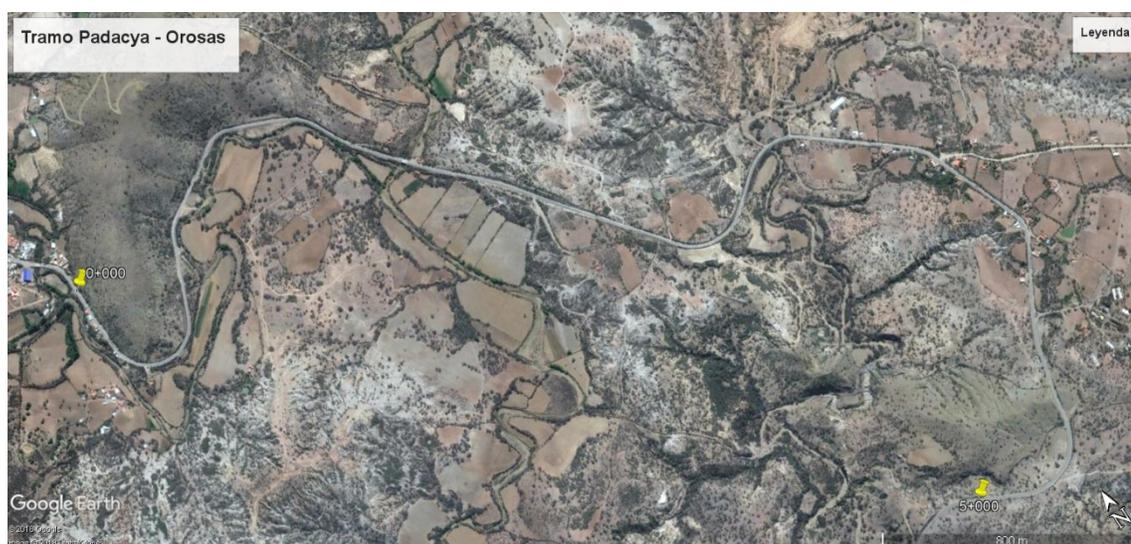
3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS TRAMOS

El tramo Padcaya – Orosas y Padcaya- Rosillas se encuentra primera sección de la provincia Arce del departamento de Tarija, limita al norte con la provincia Cercado, al este con la provincia Aviléz, al oeste con las provincias O'Connor y Gran Chaco, y al sur con Bermejo y con la República Argentina. Padcaya se vincula con la comunidad de Orosas mediante una carretera asfaltada, el tramo Tarija la pintada ubicado en la provincia Cercado del Departamento de Tarija, se halla rodeada al noroeste por la provincia Méndez, al este por la provincia O'Connor, al sur por la provincia Arce y al suroeste por la provincia Avilez.

La topografía es muy irregular, con sectores montañosos rodeados de paisajes de valles situados entre los 1.660 y 2.200 msnm., donde se destacan los valles comprendidos entre Padcaya, Rosillas y Orosas. La topografía, por sus diferencias de altitud, determina que la región presente una diversidad de microclimas: subandino, cabecera de valle, valle y subtropical.

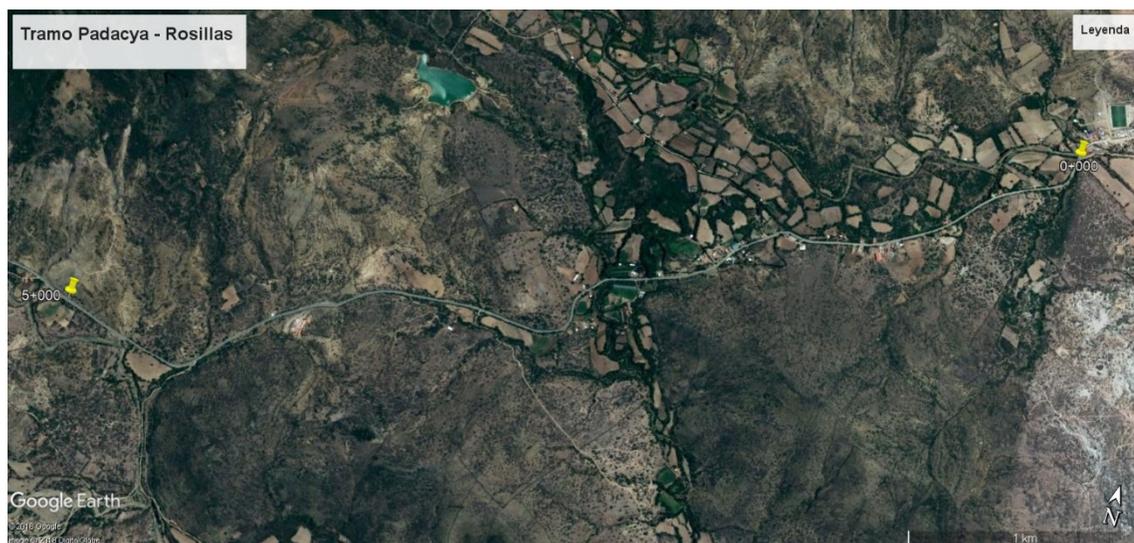
CROQUIS DEL TRAZADO:

Imagen N° 3. 1Tramo Padcaya – Orosas



Fuente: Elaboración Propia

Imagen N° 3. 2 Tramo Padcaya – Rosillas



Fuente: Elaboración Propia

Imagen N° 3. 3 Tramo Tarija – La Pintada



Fuente: Elaboración Propia

3.2. CARACTERÍSTICAS DE LAS ÁREAS DE ESTUDIO

Sobre la base de una inspección ocular realizada en las zonas de estudio podemos indicar lo siguiente:

La longitud de los tres tramos evaluados es de 5 km completamente asfaltados, tienen un ancho de 7,4 m. (2 carriles c/u de 3.7mts.) y bermas variables que oscilan entre 0.3 m a 0.1m, existen señales horizontales como verticales respecto a la señalización vertical en la evaluación que se realizó se pudo observar que son deficientes y no se encuentran presentes en sectores necesarios.

En cuanto a los conductores de los vehículos que hacen uso de los trayectos se puede indicar que la mayoría no cumple en lo más mínimo de las reglas de tránsito y seguridad (como exceso de velocidad de carga de materiales y pasajeros)

Cuadro N° 3. 1 Tramo de estudio N°1

Descripción de Tramo Padcaya - Orosas	
Tipo de carretera	Colector
Velocidad de proyecto	60km/h
Número de carriles	Dos sentidos
Señales horizontales / Estado	Existentes / Bueno
Señales verticales / Estado	Deficientes
Carpeta de rodadura / Estado	Pavimento flexible/ Bueno
Longitud de tramo de estudio (Km)	5 KM

Fuente: Elaboración Propia.

Imagen N° 3. 4 Vista del Tramo Padcaya Orosas



Fuente: Elaboración Propia.

Cuadro N° 3. 2 Tramo de estudio N° 2

Descripción de Tramo Padcaya - Rosillas	
Tipo de carretera	Local
Velocidad de proyecto	50 km/h
Número de carriles	Dos sentidos
Señales horizontales / Estado	Existentes / Bueno
Señales verticales / Estado	Deficientes
Carpeta de rodadura / Estado	Pavimento flexible / Bueno
Longitud de tramo de estudio (Km)	5 KM

Fuente: Elaboración Propia.

Imagen N° 3. 5 Vista del Tramo Padcaya Rosillas



Fuente: Elaboración Propia.

Cuadro N° 3. 3 Tramo de estudio N° 3

Descripción de Tramo Tarija – La Pintada	
Tipo de carretera	Primario
Velocidad de proyecto	80 km/h
Número de carriles	Dos sentidos
Señales horizontales / Estado	Existentes / Bueno
Señales verticales / Estado	Deficientes
Carpeta de rodadura / Estado	Pavimento
Longitud de tramo de estudio (Km)	5 KM

Fuente: Elaboración Propia.

Imagen N° 3. 6 Vista del Tramo Tarija La Pintada



Fuente: Elaboración Propia.

3.3. PARÁMETROS DE ESTUDIO

Los parámetros que se tomarán en cuenta para el cálculo del Índice de Seguridad vial de las carreteras serán tomados en cuenta a lo requerido en las tablas y fórmulas del método de Catania Italia.

A continuación, se describen los parámetros necesarios para el cálculo:

TPD = Vehículos /día propio de cada tramo de estudio.

Longitud (km) = Longitud del tramo a evaluar.

ΔFA_j = Incremento en el riesgo de accidentes por el ítem de seguridad, según Cuadro N°2.1.

S_{ik} = Evaluación del ítem de seguridad (Cuadro N° 2.4).

P_j = Proporción de tipos de accidentes que son provocados por el ítem de seguridad j , según Cuadro N° 2.2.

V = Número de elementos geométricos (rectas y curvas) en el tramo a evaluar.

L_k = Largo del elemento geométrico a evaluar.

GDS_k = Ponderación del elemento según evaluación rectas y curvas (Cuadro N° 2.5).

V_p = Velocidad de proyecto.

$WS_{lateral}$ = Promedio ponderado de evaluación de elementos del entorno.

Los parámetros serán tomados en cuenta de acuerdo a las características propias de cada tramo de estudio.

3.4. TRÁFICO ESTUDIADO EN LOS TRAMOS

Después de analizar el estudio de volúmenes en la que se tomaron como tipo de vehículos camiones, buses micros, minibuses, camionetas, vagonetas, jeeps, motocicletas, y otros podemos decir que:

La mayor cantidad de vehículos que transitan por la carretera son camionetas minibuses y automóviles en ese orden (según la planilla de resumen de estudio de volúmenes)

El tránsito de minibuses y automóviles es elevado durante los siguientes periodos 6:00 a 8:00 y de 17:00 a 19:00 debido a las diferentes actividades socioeconómicas de las personas que viven en las localidades cercanas.

Cabe hacer notar que los vehículos de transporte público no cumplen ningún tipo de seguridad física para los usuarios, siendo aún más grave que los conductores de los vehículos no respetan las pocas señales de tránsito que existen en el tramo, por ejemplo:

Ningún conductor de los vehículos conduce con cinturón de seguridad y como los pasajeros no hacen uso de ellos.

Al lado del conductor se sientan dos pasajeros, haciendo riesgosa la conducción del motorizado ante cualquier emergencia.

Los conductores de servicio público y privado invaden el carril contrario en cualquier lugar inclusive en curvas lo que demuestra una total negligencia en el manejo de sus vehículos.

A continuación, se presentan tablas resumen de la cantidad de vehículos de aforo en los diferentes puntos de estudio.

Cuadro N° 3. 4 Aforo vehicular Tramo Padcaya - Orosas

Aforo de volúmenes de tráfico vehicular				
Ubicación Tramo Padcaya - Orosas				
Días	Horas		Total	Tpd
	7:00 – 12:00	12:00-19:00		
Lunes	354	507	861	800
Martes	324	517	841	
Miércoles	301	510	811	
Jueves	357	417	784	
Viernes	312	365	624	
Sábado	305	483	788	
Domingo	323	564	887	

Fuente: Elaboración Propia.

Cuadro N° 3. 5 Aforo vehicular Tramo Padcaya - Rosillas

Aforo de volúmenes de tráfico vehicular				
Ubicación Tramo Padcaya - Rosillas				
Días	Horas		Total	Tpd
	7:00 – 12:00	12:00-19:00		
Lunes	44	42	86	91
Martes	39	43	82	
Miércoles	37	37	74	
Jueves	42	50	92	
Viernes	43	51	94	

Sábado	42	55	97	
Domingo	44	62	106	

Fuente: Elaboración Propia.

Cuadro N° 3. 6 Aforo vehicular Tramo Padcaya - Orosas

Aforo de volúmenes de tráfico vehicular				
Ubicación Tramo Tarija – La Pintada				
Días	Horas		Total	Tpd
	7:00 – 12:00	12:00-19:00		
Lunes	909	1279	2188	2036
Martes	756	1084	1840	
Miércoles	800	1136	1936	
Jueves	858	1174	2032	
Viernes	1019	1390	2409	
Sábado	762	1166	1928	
Domingo	764	1159	1917	

Fuente: Elaboración Propia.

3.5. ANÁLISIS DE LA SEGURIDAD POR METODOLOGÍA DE CATANIA

Como se mencionó en el Capítulo 2 el índice de seguridad está determinada por la evaluación del Factor de Exposición, Factor e Frecuencia de Accidentes, Factor de Severidad de Accidentes el cual se procederá a explicar el procedimiento para la obtención de los valores.

3.6. FACTOR DE EXPOSICIÓN (FE)

Para la obtención de este factor deberá realizarse aforo vehicular en la zona de estudio y determinar la longitud a tramo a evaluar con estas variables se procede a aplicar la ecuación 2 del Capítulo 2 de la Metodología de Universidad de Catania.

3.7. FACTOR DE FRECUENCIA DE ACCIDENTES (FFA)

Se calcula con la ecuación N°3 de la Metodología de Universidad de Catania, para obtención de estos valores deben determinarse los siguientes factores:

3.8. FACTOR DE FRECUENCIA DE ACCIDENTES POR INSPECCIÓN DE SEGURIDAD (FFAIS).

Primeramente, se analizará el Factor de frecuencia de accidentes por inspección de seguridad (FFAIS) según ecuación N°4, del capítulo 2 Metodología de Universidad de Catania.

Para la obtención del promedio ponderado WS_j en la ecuación N° 6, se lo realiza mediante las evaluaciones a los ítems de seguridad (S_{ik}) según cuadro 2.4 del capítulo 2 donde se procede a evaluar todos los ítems de seguridad en segmento de 200 m para ambos carriles de la carretera.

Los valores para la proporción de tipos de accidentes PJ y el incremento de riesgo de accidentes ΔFA_j , se los obtiene del cuadro 2.2 Metodología de Universidad de Catania.

Con todos los valores obtenidos se procede a determinar el factor de frecuencia de accidentes por ítem de seguridad FFA_j con la ecuación N°5 (Metodología de Universidad de Catania), el procedimiento de lo realiza para cada ítem de seguridad evaluado.

Por consiguiente, se multiplican todos los valores obtenidos de FFA_j y determina el Factor de Frecuencia de accidentes por inspecciones de seguridad.

3.9. FACTOR DE FRECUENCIA DE ACCIDENTES POR DISEÑO GEOMÉTRICO (FFADG)

Este factor se calcula mediante la Ecuación 7 del capítulo 2 Metodología de Universidad de Catania.

El factor WS_{dg} corresponde promedio ponderado de los elementos de seguridad por diseño es decir total longitudes de rectas y curvas en el tramo, que posteriormente serán ponderados por los valores que se presentan en el cuadro 2.5 (Metodología de Universidad de Catania), para poder clasificar los elementos entre bueno, regular y malo deberá verificarse si los elementos geométricos si estos cumplen los criterios

establecidos para la determinación del GDSk los mismo que deben ser corroborados con los criterios establecidos por el manual de carreteras en capítulo 2 inciso 2.1.3.1 Velocidad 85% considerada para el diseño en planta.

La bibliografía (Lamm, R., B. Psarianos, and S. Cafiso. Safety Evaluation Process of Two-Lane Roads. A 10-Year Review. In *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, No. 1796, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 2002, pp. 51-59.) indica para el factor ΔAF_{DG} se asumirá 7 para tramos con curvas ya que existe un mayor riesgo en el aumento de accidentes en comparación con las tangentes en un 700% y para tramos rectos el valor ΔAF_{DG} será igual a 1.

El cálculo de P_{DG} (Proporción de accidentes) corresponde al promedio de los factores determinados en el Cuadro 2.5 del capítulo 2.

3.10. FACTOR DE SEVERIDAD DE ACCIDENTES (FSA)

Para el cálculo del factor de frecuencia de accidentes se utilizará la ecuación N°10 del capítulo 2 Metodología de Universidad de Catania.

Para el cálculo del percentil 85 se utilizará el cuadro 2.8 del capítulo 2 donde establece el valor en función a la velocidad del proyecto.

El factor de accidentabilidad FA se determinó con la siguiente ecuación N° 11 Metodología de Universidad de Catania.

El WSlateral corresponde a la inspección realizada al ítem de seguridad entorno según cuadro 2.4 del capítulo 2.

3.11. CÁLCULOS METODOLOGÍA DE UNIVERSIDAD DE CATANIA

3.11.1. ÍNDICE DE SEGURIDAD TRAMO PADCAYA - OROSAS

El índice de seguridad de la ruta y de cada elemento geométrico está dado por la siguiente expresión:

$$I.S. = FE \times FFA \times FSA$$

3.11.1.1. FACTOR DE EXPOSICIÓN (FE)

Longitud de tramo evaluado 5km.

Trafico Promedio Diario 800.

$$FE = \frac{L \times TMDA}{1000}$$

$$FE = \frac{5 * 800}{1000}$$

$$FE = 4$$

Planillas de aforo y calculó del tráfico promedio anual se encuentran en anexo 2.

3.11.1.2. FACTOR DE FRECUENCIA DE ACCIDENTES (FFA)

$$FFA = FFAIS \times FFADG$$

Factor de Frecuencia de Accidentes por Inspección de Seguridad (FFAIS)

Este factor se determinó en función a las evaluaciones a los ítems de seguridad según el cuadro 2.4 del capítulo 2, los problemas de seguridad se clasifican como "problema de alto nivel" (Puntuación igual a 1), "problema de bajo nivel" (puntuación igual a 0,5) y no hay problema (puntuación igual a 0).

Cuadro N° 3. 7 Resumen de valores obtenidos para los ítems de seguridad WSj

Accesos		Sección transversal		Trayectoria (Nocturna)				Demarcación		Pavimento		Distancia de visibilidad		Señalización	
Ubicación	Densidad	Ancho pista	Ancho bermas	Señales	Delineadores	Reflectores def.	Demarcación	Borde	Centro	Fricción	Irregularidad	Curvas H	Curvas V	Reglamentaria	Advertencia
0,145		0,260				0,0850		0		0,115		0,09		0,327	

Fuente: Elaboración propia.

$$FFA_j = 1 + WS_j \times \Delta FA_j \times P_j$$

Cuadro N° 3. 8 Valores de Pj y ΔFAj

	Accesos		Sección transversal		Trayectoria (Nocturna)				Demarcación		Pavimento		Distancia de visibilidad		Señalización	
	Ubicación	Densidad	Ancho pista	Ancho bermas	Señales	Delineadores	Reflectores def	Demarcación	Borde	Centro	Fricción	Irregularidad	Curvas H	Curvas V	Reglamentaria	Advertencia
ΔFAj	1,35		1		0,3				0,2		0,1		0,5		0,2	
Pj	1		0,6		1				1		1		1		1	

Fuente: Elaboración propia.

Valores del factor FFAj para cara ítem de seguridad.

$$FFA_{j\text{ accesos}} = 1 + 0,145 \times 1,35 \times 1 \quad FFA_j = 1.196$$

$$FFA_{j\text{ sec.transversal}} = 1 + 0,26 \times 1 \times 0,6 \quad FFA_j = 1.156$$

$$FFA_{j\text{ tray.nocturna}} = 1 + 0,08 \times 0,3 \times 1 \quad FFA_j = 1.026$$

$$FFA_{j\text{ demarcacion}} = 1 + 0 \times 0,2 \times 1 \quad FFA_j = 1$$

$$FFA_{j\text{ pavimento}} = 1 + 0,115 \times 0,1 \times 1 \quad FFA_j = 1.012$$

$$FFA_{j\text{ visibilidad}} = 1 + 0,09 \times 0,5 \times 1 \quad FFA_j = 1.045$$

$$FFA_{j\text{ señalizacion}} = 1 + 0,327 \times 0,2 \times 1 \quad FFA_j = 1.065$$

Cuadro N° 3. 9 Valores obtenidos para los ítems de seguridad FFAj

	Accesos		Sección transversal		Trayectoria (Nocturna)				Demarcación		Pavimento		Distancia de visibilidad		Señalización	
	Ubicación	Densidad	Ancho pista	Ancho bermas	Señales	Delineadores	Reflectores def	Demarcación	Borde	Centro	Fricción	Irregularidad	Curvas H	Curvas V	Reglamentaria	Advertencia
FFAj	1,196		1,156		1,026				1,000		1,012		1,045		1,065	

Fuente: Elaboración propia.

FACTOR DE FRECUENCIA DE ACCIDENTES POR INSPECCIÓN DE SEGURIDAD (FFAIS)

Este factor corresponde a la multiplicación del FFA_j para cada ítem de seguridad inspeccionado, ver Ecuación 4.

$$FFAIS = \prod_{j=1}^l FFA_j \quad (4)$$

$$FFAIS = (FFA_{j\text{accesos}} * FFA_{j\text{sec.transversal}} * FFA_{j\text{traynocturna}} * FFA_{j\text{demarcacion}} * FFA_{j\text{pavimento}} * FFA_{j\text{visibilidad}} * FFA_{j\text{señalización}})$$

$$FFAIS = (1,196 * 1,156 * 1,026 * 1 * 1,02 * 1,045 * 1,065)$$

$$FFAIS = 1,596$$

FACTOR DE FRECUENCIA DE ACCIDENTES POR DISEÑO GEOMÉTRICO (FFADG)

$$FFADG = 1 + WS_{DG} \times \Delta AF_{DG} \times P_{DG} \quad (7)$$

Cuadro N° 3. 10 Ponderación del elemento según evaluación GDSk

Elemento	Curvas	Rectas
Curva10 C1	0,2	0
Curva10 C2	0,2	0
Curva11A C1	0,2	0
Curva11A C2	0,2	0
Curva12 C1	1	0
Curva12 C2	1	0
Curva13 C1	0,2	0
Curva13 C2	0,2	0,1
Curva14 C1	0,2	0,1
Curva14 C2	0,2	0
Curva14C C1	0,2	0
Curva14C C2	0,2	0
Curva14B C1	0,2	0
Curva14B C2	0,2	0
Curva14D C1	0,2	0

Elemento	Curvas	Rectas
Curva14D C2	0,2	0
Curva15A C1	0,2	0
Curva15A C2	0,2	0
Curva16A C1	0,2	0
Curva16A C2	0,2	0
Curva17A C1	0,2	0
Curva17A C2	0,2	0
Curva18A C1	0,2	0
Curva18A C2	0,2	0
Curva19A C1	0,2	0
Curva19 A C2	0,2	0
Curva20 A C1	0,2	0
Curva20 A C2	0,2	0
Promedio	0.26	0.01

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 3. 11 Longitud de elementos

Longitud de Rectas	Longitud de Curvas
3208.65	1791.65

Fuente: Elaboración propia.

El análisis del WS_{DG} calcula a través de una puntuación promedio ponderado de los elementos geométricos de la siguiente manera:

$$WS_{DG} = \frac{(0,26 * 1791.65) + (0.01 * 3208.65)}{(1791.65 + 3208.65)}$$

$$WS_{DG} = 0.1$$

ΔAF_{DG} : Este valor se asumirá 7 ya que al estar evaluando tramos con elementos curvos existe mayor aumento en el riesgo de accidentes en comparación con las tangentes (ΔAF_{DG}).

El cálculo de P_{DG} corresponde al promedio de los factores determinados en el Cuadro 2.5 del capítulo 2 debido a que los accidentes en el tramo pueden provocarse por despiste o colisión.

Cuadro N° 3. 12 Accidentes relacionados P_{DG}

P_{DG}	
Despiste 0,30	Colisión por alcance y colisión lateral 0,45

Fuente: Aplicación de metodología para determinar el nivel de seguridad vial en rutas.

$$P_{DG} = \frac{(0,3 + 0,45)}{2}$$

$$P_{DG} = 0.38$$

Calculo del factor de frecuencia de accidentes por diseño geométrico.

$$FFADG = 1 + WS_{DG} \times \Delta AF_{DG} \times P_{DG}$$

$$FFADG = 1 + 0,1 \times 7 \times 0,378$$

$$FFADG = 1.261$$

Obtenidos los valores FFAIS y FFADG se determina el factor de frecuencia de accidentes.

$$FFA = FFAIS \times FFADG$$

$$FFA = 1,596 \times 1,261$$

$$FFA = 2,013$$

3.11.1.3. FACTOR DE SEVERIDAD DE ACCIDENTES (FSA)

$$FSA = \left(\frac{V_{85}}{V_c} \right) \times FA$$

La velocidad de proyecto Tramo Padcaya – Orosas es de 60km/h. información obtenida en oficinas de la Administración Boliviana de Caminos.

El cálculo del percentil 85 se lo determina del cuadro N° 2.8 del capítulo 2, donde para una velocidad de 60km/h establece un valor de 70km/h

El factor de accidentabilidad se determina con la siguiente expresión.

$$FA = 1 + 0,6 \times WS_{lateral}$$

Donde el WS lateral se determinó mediante inspección al ítem de seguridad entorno según cuadro 2.4 del capítulo 2 en anexo 5 se detalla la obtención del valor.

$$FA = 1 + 0,6 \times 0.388$$

$$FA = 1.233$$

Con los valores obtenidos se procede a determinar el factor de frecuencia de accidentes.

$$FSA = \left(\frac{70}{60}\right) \times 1.233$$

$$FSA = 1.438$$

Con todos los factores determinados se procede a determinar el índice de seguridad del tramo Padcaya - Orosas con la ecuación 1 del capítulo 2 Metodología de Universidad de Catania.

$$I. S. = FE \times FFA \times FSA$$

$$I. S. = 4 \times 2.013 \times 1.438$$

$$I. S. = 11.58$$

3.11.2. ÍNDICE DE SEGURIDAD TRAMO PADCAYA- ROSILLAS

El índice de seguridad de la ruta y de cada elemento geométrico está dado por la siguiente expresión:

$$I. S. = FE \times FFA \times FSA$$

3.11.2.1. FACTOR DE EXPOSICIÓN (FE)

Longitud de tramo evaluado 5km.

Trafico Promedio Diario 91.

$$FE = \frac{L \times TMDA}{1000}$$

$$FE = 0,455$$

Planillas de aforo y calculó del trafico promedio anual se encuentran en anexo 2.

3.11.2.2. FACTOR DE FRECUENCIA DE ACCIDENTES (FFA)

$$FFA = FFAIS \times FFADG$$

Factor de Frecuencia de Accidentes por Inspección de Seguridad (FFAIS)

Este factor se determinó en función a las evaluaciones a los ítems de seguridad según el cuadro 2.4 del capítulo 2, los problemas de seguridad se clasifican como "problema de alto nivel" (Puntuación igual a 1), "problema de bajo nivel" (puntuación igual a 0,5) y no hay problema (puntuación igual a 0).

Cuadro N° 3. 13 Valores obtenidos para los ítems de seguridad WSj

Accesos		Sección transversal		Trayectoria (Nocturna)				Demarcación		Pavimento		Distancia de visibilidad		Señalización	
Ubicación	Densidad	Ancho pista	Ancho bermas	Señales	Delinadores	Reflectores def	Demarcación	Borde	Centro	Fricción	Irregularidad	Curvas H	Curvas V	Reglamentaria	Advertencia
0,04		0,250		0,065				0		0		0,13		0,145	

Fuente: Elaboración propia.

$$FFA_j = 1 + WS_j \times \Delta FA_j \times P_j$$

Cuadro N° 3. 14 Valores para Pj y ΔFAj

	Accesos		Sección transversal		Trayectoria (Nocturna)				Demarcación		Pavimento		Distancia de visibilidad		Señalización	
	Ubicación	Densidad	Ancho pista	Ancho bermas	Señales	Delinadores	Reflectores def	Demarcación	Borde	Centro	Fricción	Irregularidad	Curvas H	Curvas V	Reglamentaria	Advertencia
ΔFAj	1,35		1		0,3				0,2		0,1		0,5		0,2	
Pj	0,15		0,6		1				1		1		1		1	

Fuente: Elaboración propia.

Valores del factor FFA_j para cada ítem de seguridad.

$$FFA_{j\text{accesos}} = 1,008$$

$$FFA_{j\text{sectransversal}} = 1,150$$

$$FFA_{j\text{traynocturna}} = 1,020$$

$$FFA_{jdemarcacion} = 1$$

$$FFA_{jpavimento} = 1$$

$$FFA_{jvisibilidad} = 1,065$$

$$FFA_{jseñalización} = 1,049$$

Cuadro N° 3. 15 Valores obtenido para los ítems de seguridad FFA_j

	Accesos		Sección transversal		Trayectoria (Nocturna)				Demarcación		Pavimento		Distancia de visibilidad		Señalización	
	Ubicación	Densidad	Ancho pista	Ancho bermas	Señales	Delinadores	Reflectores def	Demarcación	Borde	Cenro	Fricción	Irregularidad	Curvas H	Curvas V	Reglamentaria	Advertencia
FFA _j	1,008		1,150		1,024				1,000		1,000		1,065		1,079	

Fuente: Elaboración propia.

FACTOR DE FRECUENCIA DE ACCIDENTES POR INSPECCIÓN DE SEGURIDAD (FFAIS)

Este factor corresponde a la multiplicación del FFA_j para cada ítem de seguridad inspeccionado, ver Ecuación 4.

$$FFAIS = \prod_{j=1}^l FFA_j$$

$$FFAIS=1,320$$

FACTOR DE FRECUENCIA DE ACCIDENTES POR DISEÑO GEOMÉTRICO (FFADG)

$$FFADG = 1 + WS_{DG} \times \Delta AF_{DG} \times P_{DG}$$

GDSk = Ponderación del elemento según evaluación (Cuadro N° 2.5).

El análisis del WSdg para la ponderación de las curvas y rectas se encuentra en anexos 4.

Cuadro N° 3. 16 Ponderación del elemento según evaluación GDSk

Elemento	Curvas	Rectas
Curva 1 C1	0,2	0
Curva 1 C2	0,2	0
Curva 2 C1	0,2	0
Curva 2 C2	0,2	0
Curva 3 C1	0,2	0
Curva 3 C2	0,2	0
Curva 4 C1	0,2	0
Curva 4 C2	0,2	0
Curva 5 C1	0,2	0
Curva 5 C2	0,2	0,1
Curva 6 C1	0,2	0,1
Curva 6 C2	0,2	0
Curva 7 C1	0,2	0
Curva 7 C2	0,2	0,1
Curva 8 C1	0,2	0
Curva 8 C2	0,2	0,1
Curva 9 C1	0,2	0,1
Curva 9 C2	0,2	0,1
Curva 10 C1	0,2	0
Curva 10 C2	0,2	0
Curva 11 C1	0,2	0
Curva 11 C2	0,2	0,1
Curva 12 C1	0,2	0,1
Curva 12 C2	0,2	0,1
Curva 13 C1	0,2	0,1
Curva 13 C2	0,2	0
Curva 14 C1	0,2	0,1
Curva 14 C2	0,2	0,1
Curva 15 C1	0,2	0,1
Curva 15 C2	0,2	0,1
Curva 16 C1	0,2	0,1
Curva 16 C2	0,2	0,1
Curva 17 C1	0,2	0,1
Curva 17 C2	0,2	0,1
Curva 18 C1	0,2	0,1
Curva 18 C2	0,2	0,1
Curva 19 C1	0,2	0,1

Elemento	Curvas	Rectas
Curva 19 C2	0,2	0
Curva 20 C1	0,2	0
Curva 20 C2	0,2	0
Promedio	0,2	0,05

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 3. 17 Longitud de elementos

Longitud de Rectas	Longitud de Curvas
2645,68	2354,32

Fuente: Elaboración propia.

El análisis del WS_{DG} calcula a través de una puntuación promedio ponderado de los elementos geométricos de la siguiente manera:

$$WS_{DG} = \frac{(0,2 * 2354,32) + (0,05 * 2645,68)}{(2354,32 + 2645,68)}$$

$$WS_{DG} = 0,121$$

ΔAF_{DG} = Este valor se asumirá 7 ya que al estar evaluando tramos con elementos curvos existe mayor aumento en el riesgo de accidentes en comparación con las tangentes (ΔAF_{DG}).

El cálculo de P_{DG} corresponde al promedio de los factores determinados en el Cuadro 2.5 del capítulo 2 debido a que los accidentes en el tramo pueden provocarse por despiste o colisión.

Cuadro N° 3. 18 Accidentes relacionados P_{DG}

P_{DG}	
Despiste 0,30	Colisión por alcance y colisión lateral 0,45

Fuente: Aplicación de metodología para determinar el nivel de seguridad vial en rutas.

$$P_{DG} = \frac{(0,3 + 0,45)}{2}$$

$$P_{DG} = 0.38$$

Calculo del factor de frecuencia de accidentes por diseño geométrico

$$FFADG = 1 + WS_{DG} \times \Delta AF_{DG} \times P_{DG}$$

$$FFADG = 1,317$$

Obtenidos los valores FFAIS Y FFADG se determina el factor de frecuencia de accidentes.

$$FFA = FFAIS \times FFADG$$

$$FFA = 1,746$$

3.11.2.3. FACTOR DE SEVERIDAD DE ACCIDENTES (FSA).

$$FSA = \left(\frac{v_{85}}{v_c}\right) \times FA$$

La velocidad de proyecto Tramo Padcaya – Orosas es de 50km/h información obtenida señalización del tramo.

El cálculo del percentil 85 se lo determina del cuadro N° 2.8 del capítulo 2, para una velocidad de 50 km/h establece un valor de 60km/h.

El factor de accidentabilidad se determina con la siguiente expresión.

$$FA = 1 + 0,6 \times WS_{lateral}$$

Donde el WS_{lateral} se determinó mediante inspección al ítem de seguridad entorno según cuadro 2.4 del capítulo 2 en anexo 5 se detalla la obtención del valor.

$$FA = 1 + 0,6 \times 0.288$$

$$FA = 1.172$$

Con los valores obtenidos se procede a determinar el factor de frecuencia de accidentes.

$$FSA = \left(\frac{60}{50}\right) \times 1.172$$

$$FSA = 1.407$$

Con todos los factores determinados se procede a determinar el índice de seguridad del tramo Padcaya - Rosillas con la ecuación 1 del capítulo 2 Metodología de Universidad de Catania.

$$I.S. = FE \times FFA \times FSA$$

$$I.S. = 1,1$$

3.11.3. ÍNDICE DE SEGURIDAD TRAMO TARIJA- LA PINTADA

El índice de seguridad de la ruta y de cada elemento geométrico está dado por la siguiente expresión:

$$I.S. = FE \times FFA \times FSA$$

3.11.3.1. FACTOR DE EXPOSICIÓN (FE)

Longitud de tramo evaluado 5km.

Trafico Promedio Diario 2036.

$$FE = \frac{L \times TMDA}{1000}$$

$$FE = 10,18$$

Planillas de aforo y calculó del trafico promedio anual se encuentran en anexo 2.

3.11.3.2. FACTOR DE FRECUENCIA DE ACCIDENTES (FFA)

$$FFA = FFAIS \times FFADG$$

Factor de Frecuencia de Accidentes por Inspección de Seguridad (FFAIS)

Este factor se determinó en función a las evaluaciones a los ítems de seguridad según el cuadro 2.4 del capítulo 2, los problemas de seguridad se clasifican como "problema de alto nivel" (Puntuación igual a 1), "problema de bajo nivel" (puntuación igual a 0,5) y no hay problema (puntuación igual a 0).

Cuadro N° 3. 19 Valores obtenidos para los ítems de seguridad WSj

Accesos		Sección transversal		Trayectoria (Nocturna)				Demarcación		Pavimento		Distancia de visibilidad		Señalización	
Ubicación	Densidad	Ancho pista	Ancho berrma	Señales	Delinadores	Reflectores def	Demarcación	Borde	Cenro	Fricción	Irregularidad	Curvas H	Curvas V	Reglamentaria	Advertencia
0,037		0,250				0,338		0,04		0,115		0,03		0,316	

Elaboración propia.

$$FFA_j = 1 + WS_j \times \Delta FA_j \times P_j$$

Cuadro N° 3. 20 Valores para Pj y ΔFAj

	Accesos		Sección transversal		Trayectoria (Nocturna)				Demarcación		Pavimento		Distancia de visibilidad		Señalización	
	Ubicación	Densidad	Ancho pista	Ancho bermosa	Señales	Delinadores	Reflectores def	Demarcación	Borde	Centro	Fricción	Irregularidad	Curvas H	Curvas V	Reglamentaria	Advertencia
ΔFAj	1,35		1		0,3				0,2		0,1		0,5		0,2	
Pj	1		0,6		1				1		1		1		1	

Elaboración propia.

Valores del factor **FFAj** para cada ítem de seguridad.

$$FFA_{j\text{accesos}} = 1,5$$

$$FFA_{j\text{sectransversal}} = 1,123$$

$$FFA_{j\text{traynocturna}} = 1,101$$

$$FFA_{j\text{demarcacion}} = 1,008$$

$$FFA_{j\text{pavimento}} = 1,012$$

$$FFA_{j\text{visibilidad}} = 1,015$$

$$FFA_{j\text{señalización}} = 1,063$$

Cuadro N° 3. 21 Valores obtenido para los ítems de seguridad FFAj

	Accesos		Sección transversal		Trayectoria (Nocturna)				Demarcación		Pavimento		Distancia de visibilidad		Señalización	
	Ubicación	Densidad	Ancho pista	Ancho bermosa	Señales	Delinadores	Reflectores def	Demarcación	Borde	Centro	Fricción	Irregularidad	Curvas H	Curvas V	Reglamentaria	Advertencia
FFAj	1,5		1,123		1,101				1,008		1,012		1,015		1,063	

Elaboración propia.

FACTOR DE FRECUENCIA DE ACCIDENTES POR INSPECCIÓN DE SEGURIDAD (FFAIS)

Este factor corresponde a la multiplicación del FFAj para cada ítem de seguridad inspeccionado, ver la siguiente ecuación.

$$FFAIS = \prod_{j=1}^l FFA_j \quad (4)$$

$$FFAIS=2,041$$

FACTOR DE FRECUENCIA DE ACCIDENTES POR DISEÑO GEOMÉTRICO (FFADG)

$$FFADG = 1 + WS_{DG} \times \Delta AF_{DG} \times P_{DG} \quad (7)$$

GDSk = Ponderación del elemento según evaluación (Cuadro N° 2.5).

El análisis del WSdg para la ponderación de las curvas y rectas se encuentra en anexos 4.

Cuadro N° 3. 22 Ponderación del elemento según evaluación GDSk

Elemento	Curva	Recta
curva1 1	0,2	0
curva1 2	0,2	0
curva2 1	0,2	0
curva2 2	0,2	0
curva3 1	0,2	0
curva3 2	0,2	0
curva4 1	0,2	0
curva4 2	0,2	0
curva5 1	0,2	0
curva5 2	0,2	0
Promedio	0,2	0

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 3. 23 Longitud de elementos

Longitud de Rectas	Longitud de Curvas
3852,31	1147,69

Fuente: Elaboración propia.

El análisis del WSdg calcula a través de una puntuación promedio ponderado de los elementos geométricos de la siguiente manera:

$$WS_{DG} = \frac{(0,2 * 1147,69) + (0 * 3852,31)}{(1147,69 + 3852,31)}$$

$$WS_{DG} = 0,046$$

ΔAF_{DG} = Este valor se asumirá 7 ya que al estar evaluando tramos con elementos curvos existe mayor aumento en el riesgo de accidentes en comparación con las tangentes (ΔAF_{DG}).

El cálculo de P_{DG} corresponde al promedio de los factores determinados en el Cuadro 2.4 del capítulo 2 debido a que los accidentes en el tramo pueden provocarse por despiste o colisión.

Cuadro N° 3. 24 Accidentes relacionados P_{DG}

P_{DG}	
Despiste 0,30	Colisión por alcance y colisión lateral 0,45

Fuente: Aplicación de metodología para determinar el nivel de seguridad vial en rutas.

$$P_{DG} = \frac{(0,3 + 0,45)}{2}$$

$$P_{DG} = 0.38$$

Calculo del factor de frecuencia de accidentes por diseño geométrico.

$$FFADG = 1 + WS_{DG} \times \Delta AF_{DG} \times P_{DG}$$

$$FFADG = 1,121$$

Obtenidos los valores FFAIS Y FFADG se determina el factor de frecuencia de accidentes.

$$FFA = FFAIS \times FFADG$$

$$FFA = 2,287$$

3.11.3.3. FACTOR DE SEVERIDAD DE ACCIDENTES (FSA).

$$FSA = \left(\frac{v_{85}}{v_c}\right) \times FA$$

La velocidad de proyecto Tramo Padcaya – Orosas es de 80km/h información obtenida en oficinas de la Administración Boliviana de Caminos.

El cálculo del percentil 85 se lo determina del cuadro N° 2.8 del capítulo 2, donde para una velocidad de 80 km/h establece un valor de 90km/h

El factor de accidentabilidad se determina con la siguiente expresión

$$FA = 1 + 0,6 \times WS_{lateral}$$

Donde el $WS_{lateral}$ se determinó mediante inspección al ítem de seguridad entorno según cuadro 2.3 del capítulo 2 en anexo 5 se detalla la obtención del valor.

$$FA = 1 + 0,6 \times 0,202$$

$$FA = 1,121$$

Con los valores obtenidos se procede a determinar el factor de frecuencia de accidentes.

$$FSA = \left(\frac{90}{80}\right) \times 0,202$$

$$FSA = 1,261$$

Con todos los factores determinados se procede a determinar el índice de seguridad del tramo Tarija – La Pintada con la ecuación 1 del capítulo 2 Metodología de Universidad de Catania.

$$I.S. = FE \times FFA \times FSA$$

$$I.S. = 29,36$$

3.12. RESULTADOS

Cuadro N° 3. 25 Resultados Tramo Padcaya- Orosas

FE	4															
Ítems	Accesos		Sección transversal		Trayectoria (Nocturna)				Demarcación		Pavimento		Distancia de visibilidad		Señalización	
Elementos	Ubicación	Densidad	Ancho pista	Ancho berma	Señales	Delineadores	Reflectores def	Demarcación	Borde	Centro	Fricción	Irregularidad	Curvas H	Curvas V	Reglamentaria	Advertencia
wsj	0,145		0,260		0,0850				0		0,115		0,055		0,327	
FAj	1,35		1		0,3				0,2		0,1		0,5		0,2	
Pj	1		0,6		1				1		1		1		1	
FFAj	1,196		1,156		1,026				1,000		1,012		1,045		1,065	
FFAIS	1,594															

WSdg	0,1
ΔFAdg	7
Pdg	0,375
FFADG	1,261
FFA	2,013
V85	70
Vp	60
WS Lateral	0,388
PI	0,3
ΔASI	2
FA	1,234
FSA	1,438
SI	11.58

Cuadro N° 3. 26 Resultados Tramo Padcaya- Rosillas

FE	0,455															
Ítems	Accesos		Sección transversal		Trayectoria (Nocturna)				Demarcación		Pavimento		Distancia de visibilidad		Señalización	
Elementos	Ubicación	Densidad	Ancho pista	Ancho berma	Señales	Delineadores	Reflectores def	Demarcación	Borde	Centro	Fricción	Irregularidad	Curvas H	Curvas V	Reglamentaria	Advertencia
wsj	0,040		0,250		0,0650				0		0,000		0,130		0,245	
FAj	1,35		1		0,3				0,2		0,1		0,5		0,2	
Pj	0,15		0,6		1				1		1		1		1	
FFAj	1,008		1,150		1,020				1,000		1,000		1,065		1,049	
FFAIS	1,320															

WSdg	0,121
ΔFAdg	7
Pdg	0,38
FFADG	1,317
FFA	1,739
V85	60
Vp	50
WS Lateral	0,288
PI	0,3
ΔASI	2
FA	1,172
FSA	1,407
SI	1,1

Cuadro N° 3. 27 Resultados Tramo Tarija – La Pintada

FE	10,18															
Ítems	Accesos		Sección transversal		Trayectoria (Nocturna)				Demarcación		Pavimento		Distancia de visibilidad		Señalización	
Elementos	Ubicación	Densidad	Ancho pista	Ancho berma	Señales	Delineadores	Reflectores def	Demarcación	Borde	Centro	Fricción	Irregularidad	Curvas H	Curvas V	Reglamentaria	Advertencia
wsj	0,370		0,205		0,3380				0,04		0,115		0,030		0,316	
FAj	1,35		1		0,3				0,2		0,1		0,5		0,2	
Pj	1		0,6		1				1		1		1		1	
FFAj	1,500		1,123		1,101				1,008		1,012		1,015		1,063	
FFAIS	2,041															

WSdg	0,046
ΔFAdg	7
Pdg	0,38
FFADG	1,121
FFA	2,287
V85	90
Vp	80
WS Lateral	0,202
PI	0,3
ΔASI	2
FA	1,121
FSA	1,261
SI	29,36

3.13. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Cuando el valor del Índice de seguridad se encuentre más cercano a cero es cuando mayor seguridad y comodidad brinda a los usuarios de los caminos, tomando en cuenta lo anteriormente descrito podemos clasificar los tramos con los siguientes rangos.

Estado	Rango de puntuación
Excelente	0,00 - 20,00
Bueno	20,00 - 40,00
Regular	40,00 - 60,00
Mal	60,00 - 80,00
Pésimo	80,00 - 100,00

Fuente: Cafiso, S., A. Di Graziano, G. La Cava, S. Leonardi, A. Montella, G. Pappalardo, and S. Taormina, *Identification of Hazard Location and Ranking of Measures to Improve Safety on Local Rural Roads (IASP)*. Mid Term Research Report, European Union DG TREN Project –03-ST-S07.31286, Catania, Italy, 2006

Cuadro N° 3. 28 Resultados del índice de seguridad por tramo

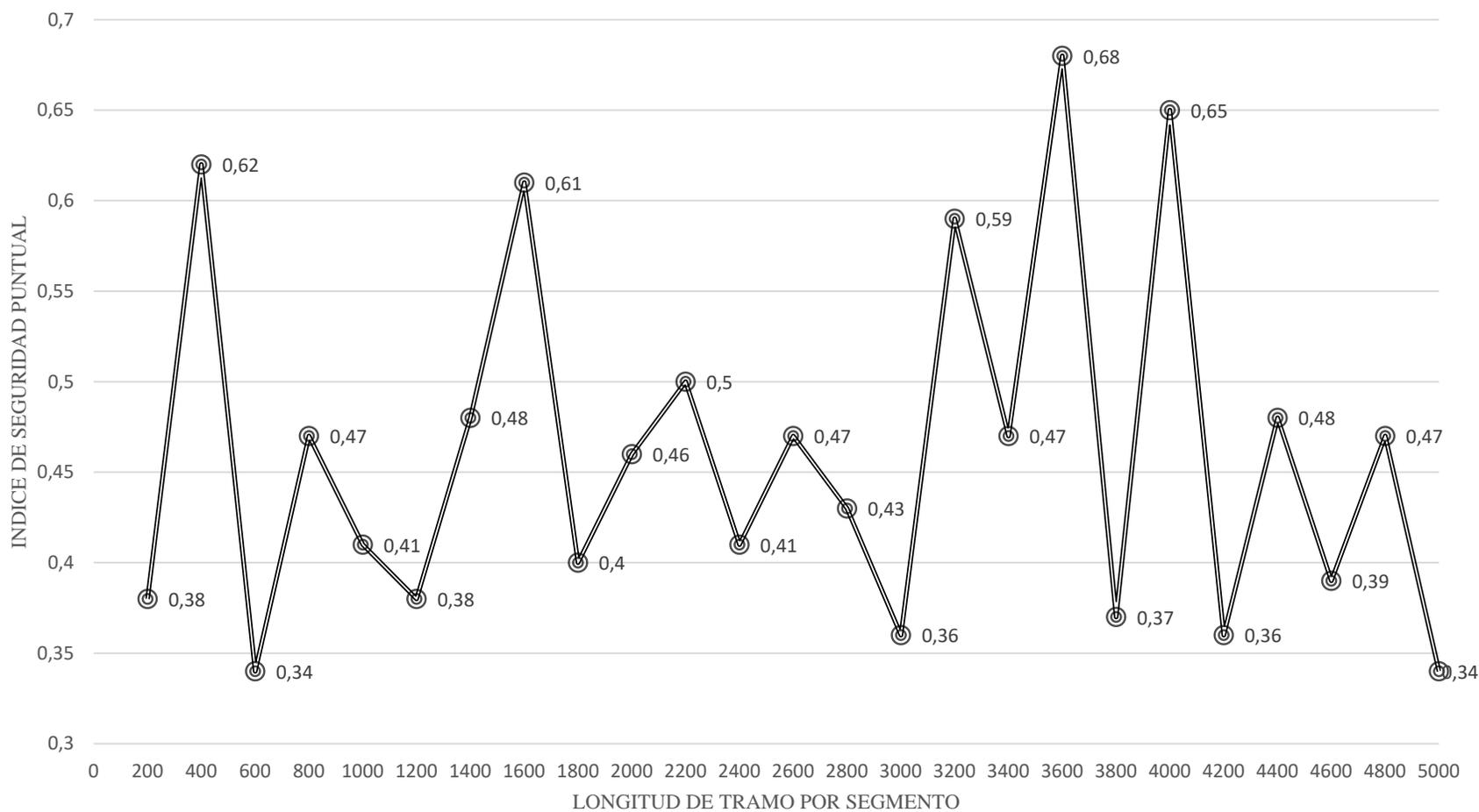
Tramo	Índice de seguridad	Puntuación
Padcaya – Orosas	11,56	Excelente
Padcaya - Rosillas	1,1	Excelente
Tarija - La Pintada	29.36	Bueno

Fuente: Elaboración Propia

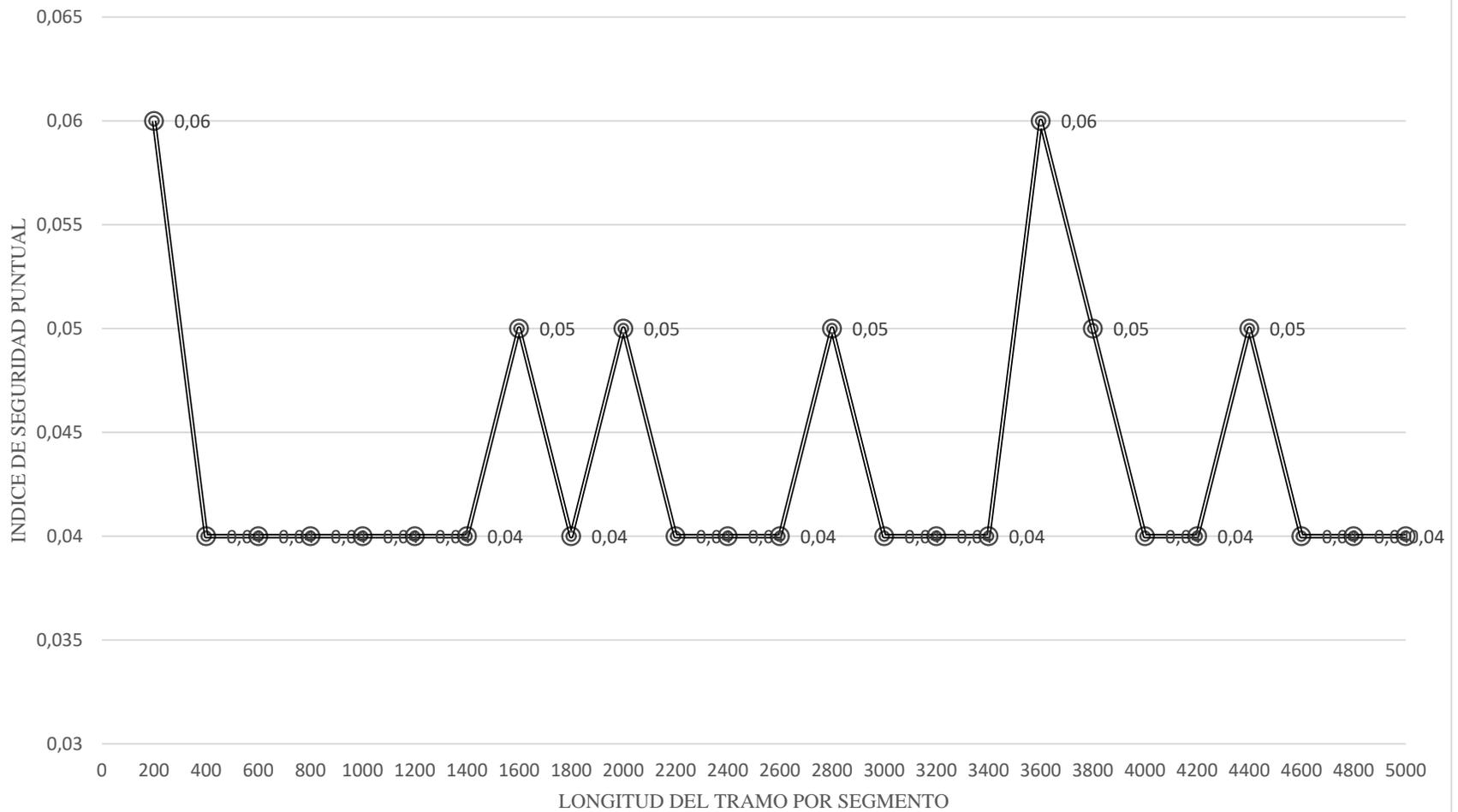
Como se puede apreciar en los índices calculados para cada tramo de estudio éstos presentan un valor relativamente bajo, que representa un buen nivel de seguridad.

Los índices de seguridad determinados presentan valores bajos para lo cual se plantearán acciones para reducir el índice actual que presentan los tramos, es decir se determinara en el tramo los segmentos que presentan mayor deficiencia para plantear acciones y reducir el índice de seguridad actual, a continuación, se presentan gráficos donde se determina la influencia del segmento al índice de seguridad determinando así los segmentos críticos. En anexos se presentan planos donde se representan los segmentos más peligrosos en función a los gráficos presentes.

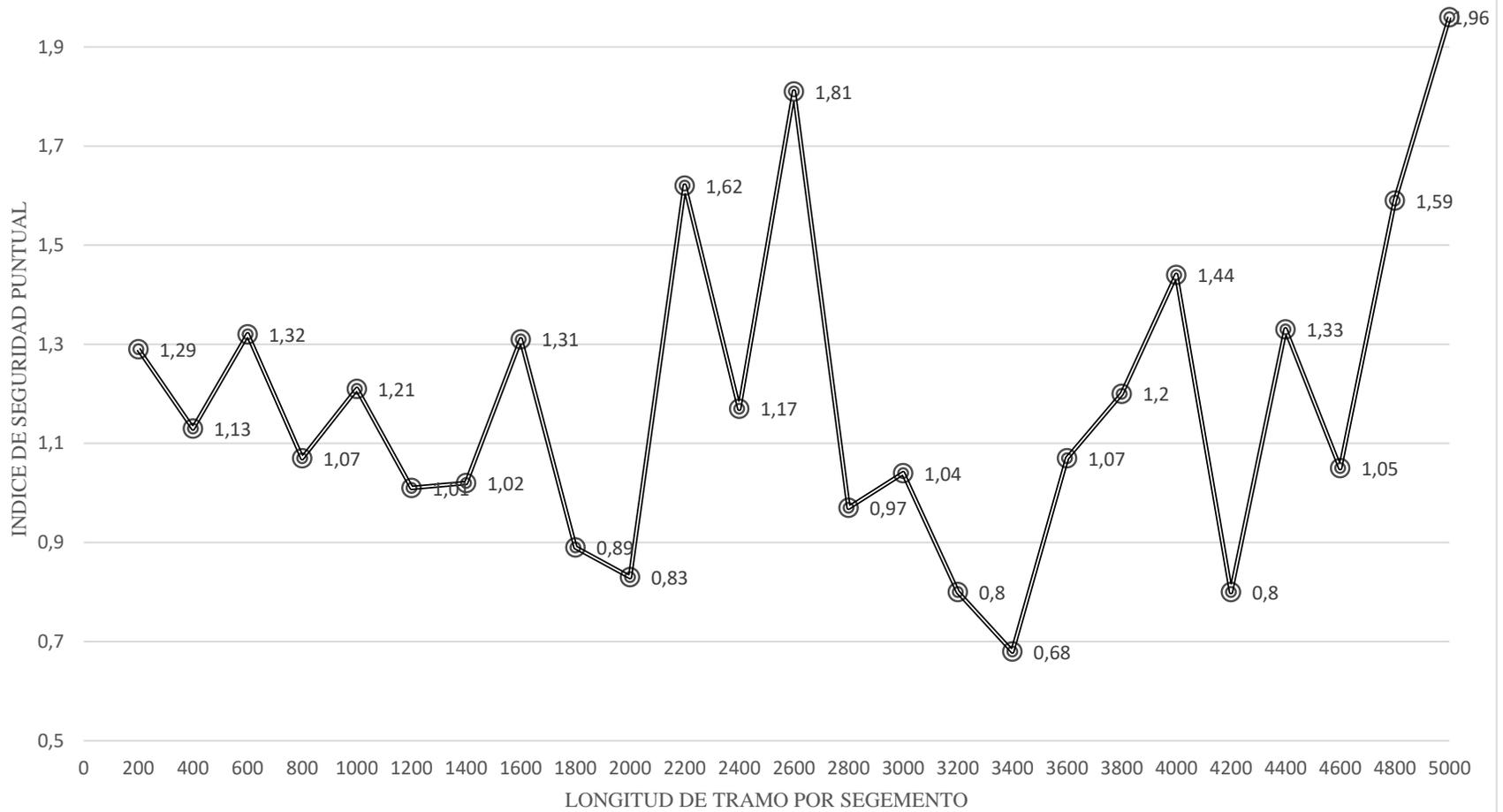
INFLUENCIA POR SEGMENTO AL ÍNDICE DE SEGURIDAD TRAMO PADCAYA OROSAS



INFLUENCIA POR SEGMENTO AL ÍNDICE DE SEGURIDAD TRAMO PADCAYA - ROSILLAS



INFLUENCIA POR SEGMENTO AL ÍNDICE DE SEGURIDAD TRAMO TARIJA -LA PINTADA



3.14. PLANTEAMIENTO DE MEDIDAS Y SOLUCIONES DE LOS SEGMENTOS CONFLICTIVOS PARA MEJORAR EL ÍNDICE DE SEGURIDAD

Después de haber realizado el análisis de los tramos, y de conocer cuáles son los factores que más inciden en el cálculo de Índice de Seguridad Vial, se plantean medidas para solucionar los puntos críticos de cada tramo, de manera que reduzcamos los índices de seguridad vial en las carreteras estudiadas.

3.14.1. MEDIDAS FÍSICAS PUNTUALES

A continuación, se plantearán soluciones a los picos más altos de los gráficos ya que los mismos representan los sectores con mayor riesgo en el análisis de los tramos.

3.14.2. TRAMO PADCAYA – OROSAS

Segmento 0+200 – 0+400

Ficha Técnica			
Descripción	Propuesta de Mejoras Tramo Padcaya - Orosas		
Ubicación	Progresiva	0+000 - 0+200	Lado: Ambos sentidos de la carretera
Evaluación y causas	En el segmento se detectaron dos accesos en curva horizontal, taludes sin protección, obstáculos cercanos a la vía falta de delineadores en curvas horizontal.		
Registro fotográfico	  		
Tipo de intervención	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Para los accesos que salen a la curva horizontal se propone crear una calle paralela a la vía y conducir la salida a un tramo recto donde se tenga mayor visibilidad del elemento, en el caso de existir expropiaciones a terrenos comunales se recomienda la implementación de señalización vertical de accesos. ✓ Se recomienda retirar los obstáculos a lado de la carretera como ser árboles que estén a 3m o la implementación de barrera Flex Bean ✓ Para los viajes nocturnos se propone la implementar delineadores en ambos sentidos de la carretera para tener una mayor óptica del elemento curvo. ✓ Para los taludes en curva se propone elementos de contención con el fin de evitar que los desprendimientos de rocas lleguen a la calzada. 		

Segmento 1+400 – 1+600

Ficha Técnica			
Descripción	Propuesta de Mejoras Tramo Padcaya - Orosas		
Ubicación	Progresiva	1+400 - 1+600	Lado: Ambos sentidos de la carretera
Evaluación y causas	En el segmento se detectó acceso en curva horizontal, talud sin protección, obstáculos cercanos a la vía, falta de delineadores en curvas horizontal.		
Registro fotográfico			
Tipo de intervención	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Para el acceso que sale en curva horizontal se propone señalar el acceso en ambos sentidos de la carretera debido a la restricción topografía para crear una calle paralela. ✓ Para los viajes nocturnos se propone la utilización de delineadores para dar una mejor óptica de la carretera. ✓ Para los taludes en curva se propone elementos de contención con el fin de evitar que el desprendimiento de rocas. 		

Segmento 3+000 – 3+200

Ficha Técnica			
Descripción	Propuesta de Mejoras Tramo Padcaya - Orosas		
Ubicación	Progresiva	3+000 - 3+200	Lado: Ambos sentidos de la carretera
Evaluación y causas	En el segmento se detectó dos accesos en curva horizontal, falta de señalización de animales, obstáculos cercanos a la vía, falta de delineadores en curvas horizontal.		
Registro fotográfico			
Tipo de intervención	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Para los accesos se propone crear una calle paralela a la vía y conducir la salida a un tramo recto donde se tenga mayor visibilidad de los elementos, en el caso de existir expropiaciones a terrenos comunales se recomienda la implementación de señalización vertical de accesos en ambos sentidos de la carretera. ✓ En carril 2 de ida a Padcaya no existe letrero de advertencia de animales sueltos. ✓ Implementar delineadores en ambos sentidos de la curva para dar una mejor óptica de la carretera. ✓ Se recomienda retirar los obstáculos a lado de la carretera como ser árboles que estén a 3m o la implementación de barrera Flex Bean. ✓ Se propone tratamiento para la carpeta asfáltica ya que existe en ese sector indicios de “exudación” con presencia leve de una película de material bituminoso en el pavimento, la cual forma una superficie brillante, cristalina y reflectora. 		

Segmento 3+400 – 3+600

Ficha Técnica			
Descripción	Propuesta de Mejoras Tramo Padcaya - Orosas		
Ubicación	Progresiva	3+400 - 3+600	Lado: Ambos sentidos de la carretera
Evaluación y causas	En el segmento se detectó acceso en curva horizontal, falta de señalización de advertencia y reglamentaria, obstáculos cercanos a la vía, falta de delineadores en curvas horizontal.		
Registro fotográfico	  		
Tipo de intervención	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Para el acceso que sale a la curva horizontal propone crear una calle paralela a la vía y conducir la salida a un tramo recto donde se tenga mayor visibilidad de los elementos en el caso de existir expropiaciones a terrenos comunales se recomienda la implementación de señalización vertical de accesos. ✓ Se recomienda retirar los obstáculos a lado de la carretera como ser árboles que estén a 3m o la implementación de barrera Flex Bean. ✓ Implementar letreros de no adelantar en ambos carriles y en el carril 2 de ida a Padcaya colocar señalización de advertencia de curva. ✓ Implementar delineadores en ambos sentidos de la carretera para los viajes nocturnos. 		

Segmento 3+800 – 4+000

Ficha Técnica			
Descripción	Propuesta de Mejoras Tramo Padcaya - Orosas		
Ubicación	Progresiva	3+800 - 4+000	Lado: Ambos sentidos de la carretera
Evaluación y causas	En el segmento se detectó acceso en curva horizontal, falta de señalización de advertencia y reglamentaria, obstáculos cercanos a la vía, falta de delineadores en curvas horizontal.		
Registro fotográfico	  		
Tipo de intervención	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Para los viajes nocturnos se propone la utilización de delineadores para dar una mejor óptica de la carretera ya que se ingresa a un elemento curvo. ✓ Se recomienda retirar los obstáculos a lado de la carretera como ser árboles que estén a 3m o la implementación de barrera Flex Bean. ✓ Implementar letreros de no adelantar en ambos carriles y en el carril 2 de ida a Padcaya colocar señalización de advertencia de curva. ✓ Implementar señalización de advertencia de elemento curvo. 		

3.14.3. TRAMO PADCAYA – ROSILLAS

Como se pudo apreciar en el resultado del Índice de Seguridad el tramo Padcaya - Rosillas presente un índice bajo, para lo cual se propondrán mejoras para los picos más altos de la gráfica de influencia por segmento.

Segmento 0+200 – 0+200

Ficha Técnica			
Descripción	Propuesta de Mejoras Tramo Padcaya - Rosillas		
Ubicación	Progresiva	0+000 - 0+200	Lado: Ambos sentidos de la carretera
Evaluación y causas	Deficiencia en elemento de contención en puente, obstáculos cercanos a la vía, falta de delineadores en curvas horizontal, reflectores de defensa.		
Registro fotográfico			
Tipo de intervención	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Mejorar el nivel de contención del puente con barandas de protección en ambos sentidos. ✓ Implementar delineador en carril 1 de ida a rosillas para mejorar la definición óptica del elemento curvo. ✓ Implementar en baranda de protección reflectores para alertar presencia del objeto. ✓ Presencia arboles cercanos a para mejorar el nivel de seguridad de sugiere el retiro de los mismos o la implementación de barrera Flex Bean. 		

Segmento 3+400 – 3+600

Ficha Técnica			
Descripción	Propuesta de Mejoras Tramo Padcaya - Rosillas		
Ubicación	Progresiva	3+400 - 3+600	Lado: Ambos sentidos de la carretera
Evaluación y causas	Falta de señalización reglamentarias y advertencia, falta de delineadores en elementos curvos, obstáculos cercanos a la calzada.		
Registro fotográfico	  		
Tipo de intervención	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Colocar se señalización de advertencia de curva y reglamentaria de no adelantar. ✓ Colocar delineadores en ambos carriles del segmento para mejorar la definición óptica del elemento curvo. ✓ Retirar los obstáculos a 3m metros de la calzada o colocar barreras de contención Flex Bean. 		

3.14.4. TRAMO TARIJA – LA PINTADA

Segmento 0+000 - 1+000

Ficha Técnica		
Descripción	Propuesta de Mejoras Tramo Tarija – La Pintada	
Ubicación	Progresiva	0+000 - 1+000
		Lado: Ambos sentidos de la carretera
Evaluación y causas	Mayor densidad de accesos, falta de delimitación de carril, falta de señalización, falta de tachas reflectivas obstáculos cercanos a la carretera.	
Registro fotográfico	 	
Tipo de intervención	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Colocar señalización de reglamentaria de velocidad máxima de proyecto, señalización de no adelantar. ✓ Demarcar ambos carriles de la carretera ya que no existe delimitación entre berma y carril. ✓ Para los accesos crear una calle paralela a la carretera para centralizar todas las salidas de los vehículos por un solo sector y de acuerdo al tipo de tráfico presente se propondrá la implementación de semáforo en el sector. ✓ En trayectorias nocturnas y dar una mejor definición óptica de la carretera se propone la colocación de tachas reflectivas, en todo el sector evaluado. ✓ Existen obstáculos cercanos a la calzada se propone el retiro de los mismo o protección con barrera Flex Bean. 	

Segmento 1+000 - 1+800

Ficha Técnica			
Descripción	Propuesta de Mejoras Tramo Tarija – La Pintada		
Ubicación	Progresiva	1+000 - 1+800	Lado: Ambos sentidos de la carretera
Evaluación y causas	Falta de señalización reglamentaria y advertencia, presencia de accesos, obstáculos cercanos a la carretera, falta de tachas reflectivas.		
Registro fotográfico	 		
Tipo de intervención	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Colocar señalización de no adelantar y de advertencia de accesos ✓ Para los accesos crear una calle paralela a la carretera para centralizar todas las salidas de los vehículos por un solo sector y de acuerdo al tipo de tráfico presente se propondrá la implementación de semáforo en el sector. ✓ En trayectorias nocturnas y dar una mejor definición óptica de la carretera se propone la colocación de tachas reflectivas, en todo el sector evaluado. ✓ Existen obstáculos cercanos a la calzada se propone el retiro de los mismo o protección con barrera Flex Bean. 		

Segmento 2+000 - 2+600

Ficha Técnica			
Descripción	Propuesta de Mejoras Tramo Tarija – La Pintada		
Ubicación	Progresiva	2+000 - 2+600	Lado: Ambos sentidos de la carretera
Evaluación y causas	Falta de señalización reglamentaria y advertencia, presencia de accesos en curvas horizontal, obstáculos cercanos a la carretera, falta de tachas reflectivas.		
Registro fotográfico	 		
Tipo de intervención	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Colocar señalización de advertencia de curva y de reglamentaria de no adelantar. ✓ Para los accesos se propone crear una calle paralela a la vía y conducir la salida a un tramo recto donde se tenga mayor visibilidad de los elementos, en el caso de existir expropiaciones a terrenos comunales se recomienda la implementación de señalización vertical de accesos en ambos sentidos de la carretera. ✓ En trayectorias nocturnas y dar una mejor definición óptica de la carretera se propone la colocación de tachas reflectivas, en todo el sector evaluado y la colocación de delineadores en curva horizontal. ✓ Existen obstáculos cercanos a la calzada se propone el retiro de los mismo o protección con barrera Flex Bean. ✓ Se propone un mejoramiento del pavimento ya que el mismo presenta corrugaciones a un nivel medio y desprendimiento de material granular con el pasar del tiempo se pueden convertir en baches. 		

Segmento 3+400 - 4+000

Ficha Técnica		
Descripción	Propuesta de Mejoras Tramo Tarija – La Pintada	
Ubicación	Progresiva	2+000 - 2+600 Lado: Ambos sentidos de la carretera
Evaluación y causas	Falta de señalización reglamentaria y advertencia, presencia de accesos en curvas horizontal, obstáculos cercanos a la carretera.	
Registro fotográfico	 	
Tipo de intervención	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Para los accesos que dan a la carretera se recomienda la implementación de letreros de advertencia indicando la presencia de estos ya que la geometría no permite poder realizar otras acciones ingenieriles. ✓ Colocar señalización reglamentaria de no adelantar. ✓ En trayectorias nocturnas y dar una mejor definición óptica de la carretera se propone la colocación de tachas reflectivas, en todo el sector evaluado y la colocación de delineadores en curva horizontal. ✓ Existen obstáculos cercanos a la calzada se propone el retiro de los mismo o protección con barrera Flex Bean. 	

Segmento 4+400 - 5+000

Ficha Técnica			
Descripción	Propuesta de Mejoras Tramo Tarija – La Pintada		
Ubicación	Progresiva	4+400 - 5+000	Lado: Ambos sentidos de la carretera
Evaluación y causas	Falta de señalización reglamentaria y advertencia, presencia de accesos en curvas horizontal, obstáculos cercanos a la carretera.		
Registro fotográfico	 		
Tipo de intervención	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Para los accesos salen a la curva horizontal estos deberán unirse al acceso que se encuentra en la progresiva 4+440 a 4+600 ya que el mismo se encuentra en un tramo recto con buena visibilidad y su correspondiente señalización en el trayecto. ✓ Colocar señalización reglamentaria de no adelantar. ✓ En trayectorias nocturnas y dar una mejor definición óptica de la carretera se propone la colocación de tachas reflectivas, en todo el sector evaluado y la colocación de delineadores en curva horizontal. ✓ Existen obstáculos cercanos a la calzada se propone el retiro de los mismo o protección con barrera Flex Bean. 		

3.14.5. PLANTEAMIENTO GENERAL DE SOLUCIONES PARA LOS TRES ANALIZADOS

Se incorpora un resumen del estado actual de los caminos y las obras de mejoramientos que se pueden realizar en los tramos en base a las inspecciones anexadas en el presente documento. Los criterios, para mejorar cada una de las singularidades asociadas a la seguridad del camino, son las que se indican en el siguiente cuadro.

Elementos evaluados	Soluciones a los elementos
a.- Accesos: En la ruta se encontraron accesos que presentan una geometría restrictiva.	Se recomiendan soluciones geométricas a los accesos encontrados, en donde las características del entorno lo permitan en caso contrario señalar con letreros de advertencia
b.- Sección Transversal: Se evaluó el ancho de la calzada, identificando los sectores en donde las pistas y bermas, no cumplían con los anchos mínimos indicado en la metodología aprobada.	Se considera ampliar las bermas, por sobre el ancho de carril ya que el mismo cumple las dimensiones establecida por la metodología, donde establece un ancho mínimo para pista de 3,25m y 1,0m para la berma.
c.- Trayectoria Nocturna: Este ítem abarco los siguientes elementos de seguridad: Señales, Delineadores, Reflectores de Defensas y Demarcación, teniendo en general un buen comportamiento de estos elementos, en las ruta analizada.	Solo en aquellos casos en donde, el elemento observado presenta una severidad alta, se recomienda su reemplazo, es decir cuando el elemento analizado, no cumpla visiblemente con la retroreflectancia.

Elementos evaluados	Soluciones a los elementos
<p>d.- Demarcación: La deficiencia de este elemento se presentó de mayor manera en el tramo Tarija la Pintada, en la demarcación lateral de la vía, principalmente, por desvanecimiento de la misma.</p>	<p>En este ítem se considera la demarcación total del sector geométrico analizado, independiente de la longitud afectada.</p>
<p>e.- Entorno: Este ítem abarca la mayor cantidad de elementos de seguridad, que son representativos en el análisis de la vía.</p> <p>Terraplenes: Para el caso de los terraplenes, en función de la metodología aplicada, se pudo observar que, a lo largo de la ruta, existe una importante longitud de sectores con terraplenes, con una altura mayor a 4m, sin barreras de contención.</p> <p>Puentes: La totalidad de los puentes existentes en la ruta, corresponden a estructura de hormigón.</p> <p>Obstáculos: El comportamiento de las rutas en este ítem, contempla casos como: árboles, barreras sin terminal, postes, muros próximos a la calzada.</p>	<p>En este ítem se encuentra la mayor cantidad de elementos de seguridad. Por consiguiente, es en el que mayores mejoramientos se proyectan.</p> <p>Terraplenes: En este ámbito, se proyecta barreras de contención en todos estos casos, sin excepción, proponiendo un elemento de contención que cumpla con las características geológicas del terraplén.</p> <p>Puentes: Este ítem presenta deficiencia en el elemento de contención del tramo Padcaya – Rosillas en la progresiva 0 - 200 debido a que el tramo presenta un índice de seguridad bajo se propone colocar Barreras de contención en ambos carriles del puente.</p> <p>Obstáculos: El mejoramiento para este tipo de elementos se materializa mediante la implementación de barreras de contención en los obstáculos cercanos a la carretera.</p>

Elementos evaluados	Soluciones a los elementos
<p>f.- Distancia de visibilidad: A lo largo de la ruta, se pudo observar que la geometría se adapta, cómodamente a la velocidad máxima de esta, existiendo solo algunos sectores menores, asociados a un trazado en planta sinuoso (zona de curvas), y que las condiciones de visibilidad son adversas. En los sectores que se identificaron, el motivo principal del no cumplimiento de la distancia de visibilidad, corresponde a vegetación o terraplenes.</p>	<p>En todas aquellas curvas con restricción de visibilidad, se analizará las características del entorno, y si esta restricción está asociada a la vegetación existente, se recomienda el despeje y limpieza de la faja.</p>
<p>g.- Señalización: La ausencia de señales es la principal característica de las rutas evaluadas. Las señales que presentan el mayor porcentaje de ausencia, son las que tienen relación con las zonas de adelantamiento, ya que no existen en varios sectores evaluados.</p> <p>También se observó ausencia de señales de advertencia y reglamentarias.</p>	<p>Para este ítem, se considera la cubicación de todas las señales, estén en mal estado o por ausencia requiere el camino.</p> <p>Las señales deberán estar en función de la normativa vigente y la velocidad máxima de la ruta.</p> <p>Las principales señales se deben proyectar son de “No adelantar” y “límite de velocidad” “Presencia de curva”.</p>

3.14.6. MEDIDAS DE EDUCACIÓN VIAL

En cuanto al comportamiento de los usuarios con respecto a la seguridad vial se tiene un deficiente comportamiento, uno debido al desconocimiento de las normas de tránsito y otro se debe a que el hábito de comportamiento en su desplazamiento en el flujo vehicular es totalmente sin respeto a las normas, quienes además realizan maniobras peligrosas que

aumentan el riesgo de accidentabilidad, por ello se debe hacer campañas educativas tanto para usuarios como para usuarios conductores de manera que se logre concientizar a dicha población en responsabilidad que tienen en cuanto a la seguridad vial.

En el análisis de los datos de accidentes, en muchos de ellos se refleja la falta de conocimiento a normas de tránsito y el continuo mal comportamiento frente a reglas y normas de educación vial.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1.10. CONCLUSIONES

- ✓ En el presente proyecto de aplicación se ha cumplido con el objetivo general ya que se logró aplicar la metodología de la universidad Catania (Italia) para determinar el nivel de seguridad vial en carreteras aplicada a tramos específicos de la red vial del departamento de Tarija.
- ✓ Se determinaron los parámetros necesarios (Longitud de tramo, Trafico promedio, Evaluación del ítem de seguridad, Numero de elementos geométricos, Velocidad de proyecto, Percentil 85), que la metodología demanda para establecer los niveles de seguridad de los tramos estudiados, donde se pudo verificar que el cálculo del I.S. es preciso debido a que los factores evaluados son propios característicos las carreteras de nuestro medio.
- ✓ Al haber realizado el cálculo de Índice de Seguridad Vial en los tramos de estudio, se verificó que el tramo Tarija – La Pintada presenta mayor deficiencia que los otros tramos estudiados ya que muestra un índice elevado, como se muestra en el siguiente cuadro:

Tramo	Índice de seguridad
Padcaya – Orosas	11,56
Padcaya - Rosillas	1,1
Tarija - La Pintada	29.36

- ✓ El índice más alto perteneciente al tramo Tarija – La Pintada con un valor de 29,36 se debe a su alto tráfico, y a sus años de servicio de la carretera ya que presenta mayor deficiencia en sus elementos de seguridad como se puede observar en las evaluaciones realizadas.
- ✓ El índice de seguridad para el tramo Padcaya – Rosillas presenta un resultado bajo con un valor de 1,1 debido a que existe poca transitabilidad y los niveles de exigencias son menores, provocando un menor deterioro de los elementos de seguridad que evalúa el método, obteniendo así un parámetro guía que confirma que la metodología al evaluar de manera sistemática los ítems de seguridad que se

encuentran en buen estado en el tramo darán como resultado un índice de seguridad bajo.

- ✓ Con la gráfica de influencia del segmento al índice de seguridad determinado en el capítulo 3 para cada tramo estudiado, se puede señalar los segmentos que presentan mayor riesgo en el tramo permitiendo tomar acciones para mejorar el índice de seguridad de la ruta.
- ✓ De acuerdo al cálculo realizado para la obtención de Índice de Seguridad Vial, se pudo evidenciar que los valores de longitud, Tráfico Promedio Diario inciden en un buen porcentaje en el resultado final de I.S. como se puede verificar en los cálculos desarrollados en el capítulo IV.
- ✓ El resultado obtenido de la evaluación del ítem de seguridad (Sik), es otro de los valores que tiene gran incidencia en el cálculo de Índice de Seguridad Vial, debido a que es determinado a partir de los factores característicos que tiene cada tramo, como ser: accesos sección transversal, demarcación, señalización, etc.
- ✓ Se debe destacar que los tramos estudiados presentan buenas condiciones de transitabilidad lo que es un factor importante para la comodidad de los usuarios conductores y que repercute en la seguridad de los pasajeros. Pese a eso también existe un abuso de las buenas condiciones, ya que es motivo para que los usuarios de la vía se excedan con la velocidad siendo estos los principales causantes de accidentes.
- ✓ Los datos de accidentes obtenidos de la A.B.C. no se utilizaron para correlacionar con los resultados del índice de seguridad para cada tramo, ya que no se cuenta con un registro suficiente de accidentes de los tramos en estudio.
- ✓ El índice de seguridad puede evaluar si están disponibles o no los datos de accidentes, si los datos de accidentes están disponibles y son de buena calidad, el I.S. se puede utilizar de manera efectiva en conjunción con la frecuencia de accidente como criterio de clasificación.

1.11. RECOMENDACIONES

- ✓ Es importante que en nuestro medio se tome mayor conciencia sobre la seguridad vial y se apliquen métodos y técnicas que nos permitan determinar el estado de nuestras carreteras con la finalidad de reducir los accidentes de tránsito.
- ✓ En la evaluación del ítem de seguridad pavimento en sus elementos fricción e irregularidad se recomienda realizar los estudios del índice de Serviciabilidad Presente (PSI) y el Índice de Rugosidad (o Regularidad) Internacional, más conocido como IRI, con la finalidad de determinar con mayor precisión el estado del pavimento en función a los rangos de clasificación de los métodos.
- ✓ En el análisis del Factor de Frecuencia de Accidentes por Diseño Geométrico como estudio adicional es aconsejable realizar un análisis de consistencia ya que permite evaluar la seguridad en caminos en base a la velocidad con la que circulan los vehículos.
- ✓ Ya que el Factor de Severidad de Accidentes evalúa aquellos accidentes relaciones a la velocidad de proyecto se recomienda para la determinación del percentil 85 realizar un estudio de velocidades y determinar la velocidad con la que circulan los vehículos ya que la velocidad de operación medida en terreno es superior a la velocidad de diseño.
- ✓ En el tramo Tarija – La Pintada mediante la evaluación de los elementos de seguridad se detectó que presenta deficiencia en la señalización por lo que se recomienda la implementación de letreros reglamentarios como límite de velocidad y de no adelantar, ya que la falta de esto da lugar a que los usuarios conduzcan a velocidades altas o realicen sobre pasos en lugares con poca visibilidad o prohibidos.
- ✓ El tramo Tarija - La Pintada presenta mayores números de acceso lo cual para reducir el índice de seguridad es aconsejable reducir el número de accesos generando una calle paralela a la ruta principal, minimizando las entradas y salidas a la carretera, disminuyendo el número de accesos y simplificando así la tarea del conductor.

- ✓ En el tramo Tarija - La Pintada y Padcaya – Orosas se recomienda la colocación de las tachas reflectivas en las carreteras, ya que éstas dan una mejor definición óptica de las curvas y rectas, facilitando la visibilidad del conductor en los viajes nocturnos.
- ✓ En el tramo Padcaya-Orosas ya que presenta mayor corte de terraplenes es recomendable que se propongan estructuras de contención para el tipo de terraplén presente con la finalidad de evitar que los desprendimientos de rocas lleguen a la calzada de la carretera.
- ✓ Se propone la colocación de amortiguadores de impactos en sectores como puentes y barreras de contención ya que éstos ayudan a que el vehículo desacelere reduciendo la velocidad de impacto del vehículo.
- ✓ Si se aplica pintura luminiscente en condiciones de baja visibilidad como la noche o una carretera de montaña aumentaría la seguridad de los conductores de forma exponencial.
- ✓ Es importante que se realicen campañas sobre seguridad vial y concientice a la a los usuarios de las carreteras el uso del cinturón de seguridad y el respeto a las normas de tránsito para evitar los accidentes.