

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción

Las barreras son elementos de protección que se instalan longitudinalmente en uno o en ambos lados de una carretera, con el objeto de impedir por medio de la contención que algún vehículo fuera de control salga de la carretera por fallas en la conducción, condiciones climatológicas o por fallas mecánicas, perdiendo la ruta en forma incontrolada ocasionando accidentes que ponen en riesgo la vida de sus pasajeros y de otras personas así como la integridad de las estructuras que pudieran existir en las orillas de las vías, para evitar que ello ocurra se instalan barreras de protección a fin de que los vehículos no se salgan de la carretera, las que deben proyectarse y colocarse de acuerdo a criterios técnicos para lograr su eficacia y disminuir la severidad de accidentes.

A consecuencia de los accidentes existen auditorías de seguridad vial siendo estos procedimientos en que un profesional calificado comprueba las condiciones de seguridad de una carretera, analizando todos los aspectos de la vía y su entorno que puedan intervenir en la seguridad de los usuarios, comprueban las condiciones de seguridad de una carretera nueva o de una ya existente que pueda afectar a la vía o a los usuarios, permite reducir la probabilidad de que se produzcan accidentes en las redes viales además de ser una herramienta preventiva para disminuir o mitigar la accidentalidad permitiendo identificar problemas que podrían ser pasados por alto en tramos que no hayan sido catalogados como tramos de concentración de accidentes.

Por el constante incremento del parque automotor en nuestro país y por ende en el Departamento de Tarija esto implica un mayor volumen de tráfico en sus diferentes carreteras, lo cual incrementan los riesgos de accidentes. Las condiciones del trazado geométrico que se presentan en nuestras vías Departamentales son de constantes curvaturas y donde varias de ellas no cuentan con barreras de protección, es aquí donde por lo general existen accidentes.

Los índices de accidentalidad en el País y en el Departamento de Tarija se incrementaron notoriamente, ante esta situación es necesario realizar estudios que permitan a las autoridades competentes tanto Departamentales como Nacionales realicen acciones que permitan mayor prevención de los accidentes; siendo las barreras metálicas longitudinales una de las más necesarias.

El estudio propone analizar con mayor profundidad las condiciones técnicas del uso de las barreras longitudinales en tramos de la red fundamental del Departamento de Tarija, realizando aplicaciones prácticas de los accidentes que ocurrieron en determinados tramos para luego plantear soluciones sobre los puntos críticos y que sean indispensables para prevenir la mayor cantidad de accidentes. Por la importancia de este estudio es necesario aprovechar las instancias de un proyecto de grado de tal manera que el documento sirva de aporte y consulta a una problemática Departamental que de ser aplicada tendrá una repercusión social muy importante.

1.2 Justificación

Ⓢ Académica

Profundizar los conocimientos de seguridad vial en las carreteras a partir de las barreras longitudinales metálicas con fines educacionales de tal manera que este documento sirva de aporte y consulta a la problemática Departamental sobre la seguridad de las carreteras.

Ⓢ Técnica

Contribuir a la sociedad con los conocimientos e información de seguridad vial y poder combatir las diferentes causas y efectos que originan los sistemas de seguridad después de ocurrido un acontecimiento en las carreteras, que de ser aplicada tendrá una repercusión importante.

Ⓢ Social

La población y en particular los que hacen uso de las vías del Departamento de Tarija son los principales afectados, por tanto es necesario un estudio apropiado de las barreras metálicas de seguridad.

1.3 Diseño Teórico

1.3.1 Planteamiento del Problema

1.3.1.1 Situación Problemática

El incremento del parque automotor a nivel mundial y en nuestro País ha generado que los volúmenes de tráfico que circulan por la red de las carreteras de nuestro medio se incrementen y en consecuencia aumenten las posibilidades de accidentes, este hecho real hace que las instancias de transporte tengan que realizar mayores estudios en las vías bajo las condiciones actuales. La necesidad de estudiar, analizar, proponer y ejecutar mayores obras de protección se ha convertido en una necesidad en las carreteras de nuestro País, paralelamente a estas acciones de protección y seguridad es necesario valorar el comportamiento respecto a la seguridad vial de las barreras metálicas longitudinales que tienen como protección las carreteras.

Los accidentes que se producen en las carreteras, muchos de ellos tienen como causal la falta de obras de protección o la falta de mantenimiento de estos sistemas, siendo las más comunes las barreras metálicas longitudinales aunque son varias las vías que disponen de estos dispositivos no es usual la valoración del comportamiento de éstas ante la protección de los accidentes a través de estudios que muestren los aspectos positivos y negativos de las barreras longitudinales como obras de protección de accidentes.

1.3.1.2 Problema

“¿Cómo implementar mejoras en las obras de protección en las carreteras del Departamento de Tarija como son las barreras metálicas longitudinales para mejorar el funcionamiento de éstas, reduciendo la severidad de la accidentología?”

1.3.2 Objetivos

1.3.2.1. Objetivo General

Realizar un análisis sobre la valoración y funcionamiento de las barreras metálicas longitudinales para la protección de accidentes en el tramo Tarija-Bermejo del Departamento de Tarija, que permita tener certeza sobre la aplicabilidad correcta de estos elementos de seguridad vial para reducir los riesgos de accidentes de los vehículos que transitan por este tramo.

1.3.2.2. Objetivos Específicos

- ④ Estudiar, analizar y describir los aspectos de fundamentación teórica sobre la seguridad vial orientadas al uso de protección de sistemas como las barreras metálicas.
- ④ Establecer un inventario de accidentes definiendo puntos de ocurrencia y causas en el tramo de estudio.
- ④ Realizar una evaluación física y operativa de las barreras longitudinales metálicas dispuestas en el tramo de estudio.
- ④ Proponer modificaciones a la disposición de barreras en el tramo de estudio de manera que cumplan el objetivo de seguridad.
- ④ Valorizar el sistema de protección en el tramo y proponer acciones y costos de optimización que responda a Normas.

1.3.3 Hipótesis

Si se evalúa física y operativamente a las barreras longitudinales dispuestas en un tramo como obras de protección de accidentes, entonces podremos determinar el grado de seguridad vial que tiene el tramo de estudio.

1.3.4. Variables

1.3.4.1. Variables Conceptual

Ⓢ Independiente

Las barreras metálicas longitudinales como obras de protección de accidentes.

Ⓢ Dependiente

Condiciones físicas y operativas de las barreras metálicas en la protección de accidentes.

1.3.4.2 Variable Operacional

Ⓢ Independiente

La disposición de las barreras longitudinales a lo largo del tramo de estudio.

Ⓢ Dependiente

La información de accidentes de los últimos años que han ocurrido a lo largo de la red vial Tarija- Bermejo.

1.4 Diseño Metodológico

La metodología que se describe se empleará en forma independiente, presentando algunas sugerencias de mejoramiento de los sistemas de seguridad, para contribuir a la seguridad vial, dependiendo de las características que presenten las vías en cada lugar de análisis.

1.4.1 Unidad de Estudio

1.4.1.1 Unidad

Las redes viales del Departamento de Tarija y sus elementos de seguridad a lo largo de las carreteras.

1.4.1.2 Población

Tramo vial Tarija- Bermejo que pertenece a la red fundamental del Departamento de Tarija.

1.4.1.3 Muestra

La situación de análisis serán los tramos donde se presenten o se dispongan barreras metálicas, realizando un relevamiento de información en cada lugar de la vía.

1.4.2 Métodos y Técnicas

1.4.2.1 Técnicas de Muestreo

Se realizará la obtención de las condiciones físicas y operativas de las barreras que se encuentran dispuestas en los tramos seleccionados para este estudio, se recopilará información atribuyendo sus causas y consecuencias que manifiesten las condiciones de las barreras como elementos de seguridad, se contará con indicadores de estadística descriptiva para realizar comparaciones y observaciones de los estados actuales de seguridad en las carreteras además de analizar las estadísticas de los accidentes de los últimos años también se dispondrá la información teórica de una auditoría de barreras y por último se verificarán las anomalías encontradas en el campo de aplicación y su tratamiento respectivo.

Para ello es necesario determinar la cantidad de muestras que se realizarán, es por ello que se estudiarán 32 puntos de muestras donde se dispongan las barreras.

1.4.2.1.1 Técnicas de Tratamiento Estadístico

Se utilizará la estadística descriptiva con indicadores de tendencia central donde lo más importante es calcular un valor central que actúe como resumen numérico para representar el conjunto de datos, a continuación se menciona la que se utilizará:

LA MEDIA ARITMÉTICA.

- ✓ Es la más utilizada
- ✓ Es el valor central alrededor del cual están la mayoría de la observaciones
- ✓ Sólo puede calcularse para variables cuantitativas(números)

- ✓ Se calcula sumando todos los valores de la variable divididos por el número total de observaciones

$$Xm = \frac{\sum Xi}{n}$$

EDIA:

Xm= media aritmética

Σ= símbolo sumario (indica que se están sumando todas las X que hay)

Xi= valor que toma la variable u observación del sujeto i

n = número total de observaciones

1.4.3 Descripción de Instrumentos

- Una huincha métrica es una herramienta indispensable cuando se trabaja en proyectos de ingeniería, donde las medidas con precisión son necesarias.



**HUINCHA
DE
MEDICIÓN.**

- Una cámara fotográfica es un dispositivo utilizado para capturar imágenes y tienen la capacidad de guardar en ella una serie de fotografías para ser vistos en cualquier otro lugar.



**CÁMARA
FOTOGRAFICA.**



1.4.4 Metodología

Para alcanzar los objetivos propuestos de la investigación, en este caso el estudio de las variables en esta carretera permitirá hacer aportaciones al desarrollo de planes para su aplicación a nivel departamental.

Se usará como método particular, el descriptivo a fin de conocer las características y funcionamiento de las barreras de seguridad metálicas. Como parte importante del diseño metodológico, se ha usado las siguientes técnicas:

- Revisión documental y análisis de la accidentalidad de los organismos operativos de tránsito de Tarija.
- Ubicación de los dispositivos y puntos de conflicto en la carretera.
- Se utilizará la estadística descriptiva con indicadores de tendencia central.
- La obtención de las condiciones físicas y operativas de las barreras que se encuentran dispuestas en los tramos estudio.
- Observaciones de los estados actuales de seguridad respecto a las barreras.

1.5 Alcance

Para el desarrollo de este estudio se realizará una revisión bibliográfica que nos permitirá acceder a los fundamentos, principios y metodologías sobre la seguridad vial en las carreteras, además de analizar desde el punto de vista teórico los procedimientos para el diseño y ejecución de las barreras metálicas como elementos de seguridad vial, estableciendo la ubicación del tramo exacto de estudio, sus características físicas, geométricas y el tráfico que circula por dicho tramo, realizando un inventario de las barreras que se encuentran dispuestas en el tramo Tarija- Bermejo siendo éste el tramo de estudio el cual pertenece a la red fundamental del Departamento de Tarija, además de realizar la obtención y recopilación de información de los últimos años sobre la accidentalidad sus causas y consecuencias; se realizará una descripción teórica de una auditoría de seguridad vial y el proceso será la obtención de datos, procedimientos, análisis y resultados para el tramo. Por último establecer un planteamiento para mejorar las condiciones de seguridad vial en el ya mencionado tramo de aplicación.

CAPÍTULO II. ASPECTOS GENERALES DE LAS BARRERAS LONGITUDINALES Y SU RELACIÓN CON LA SEGURIDAD VIAL

2.1 Antecedentes

No se tienen referencias de estudios de auditorías de seguridad vial ni de barreras longitudinales que se hayan efectuado en Bolivia de manera formal y sistemática por parte de las instituciones rectoras del sistema de transporte nacional, se realizaron cursos de información donde se desarrolló esta temática pero no existen informes debidamente elaborados. El tema de seguridad vial no es asimilado por la comunidad vial de nuestro

entorno dado que no se comenta de esta situación que hoy en día es de mucha importancia para la sociedad.

Mientras que en países como Argentina , Chile y otros donde el parque automotor y la misma infraestructura es mayor a la realidad nacional se esmeran en reducir la siniestralidad de eventuales acontecimientos mediante el aumento de medidas de seguridad, dando como respuesta que la seguridad en las carreteras es un tema plenamente vigente y en constante tratamiento y mejora. Estos países vecinos emplean varios sistemas de seguridad vial, siendo una de las más importantes las barreras metálicas longitudinales, sus organizaciones informan a los usuarios de las carreteras la importancia de conocer los aspectos de una vía para que de esta manera tomen en cuenta las señalizaciones de seguridad vial.

De acuerdo con las estadísticas nacionales los eventos conocidos como accidentes de vehículos que se producen cuando un vehículo se sale de la superficie de circulación de la carretera y colisiona con algún objeto fijo son con mayor frecuencia en estos últimos años, por esta razón mejorar y acondicionar los márgenes de la red de carreteras es una medida muy efectiva en la reducción de las víctimas de los accidentes de tránsito, donde el riesgo de accidentes nunca será cero sin embargo se deben hacer esfuerzos para disminuirlo. Para realizar esta labor adecuadamente es necesario contar con criterios técnicos de profesionales que conozcan el área, por tanto al proyectar una carretera sería deseable poder hacerlo sin la presencia de peligros en su entorno y sin ser necesario instalar sistemas de protección vehicular, no obstante en la práctica es frecuente y en muchos casos es inevitable la presencia de elementos de la naturaleza, desniveles, estructuras , etc., lo que hace necesario considerar la instalación de dispositivos para garantizar la seguridad vial, tales como las barreras de seguridad.

En cada caso se deben realizar un análisis particular de las zonas peligrosas y evaluar los beneficios de los posibles tratamientos, donde la mayor solución es aquella que brinda el nivel protección requerido por los usuarios de las carreteras al menor costo durante un determinado periodo de tiempo.

2.2 Conceptos Previos

2.2.1 Auditoría de Seguridad Vial (ASV)

Una red vial es diseñada para que satisfaga los requerimientos de seguridad de los usuarios, requiere prestar atención a los accidentes e incidentes que ocurren en las carreteras y caminos, para ello es necesario establecer un control constante especialmente de las carreteras en aquellos aspectos que fundamentalmente inciden en la seguridad.

Una auditoría de seguridad vial es una evaluación técnica elaborada por un equipo de especialistas en seguridad de carreteras, éstos determinan aspectos de seguridad de un proyecto vial, identificando y analizando los eventuales problemas de seguridad, puntos negros o áreas problemáticas donde se encuentran posibles accidentes y formulan recomendaciones mejorando los proyectos para conseguir que el camino alcance las mejores características de seguridad posibles. Cuanto más temprana es la aplicación de la auditoría a una ruta, mayor son los beneficios que se obtienen.

Una auditoría de seguridad vial es aplicable en todas las etapas del ciclo de vida de un proyecto, de modo de contribuir a que, desde un comienzo las obras se estudien y diseñen con los criterios óptimos de seguridad para todos sus usuarios, verificando que se mantengan dichos criterios durante las fases de construcción y puesta en servicio.

Para auditar las barreras longitudinales metálicas existen distintos manuales técnicos como el Manual de dispositivos de control de tránsito de la Administradora Boliviana de Carreteras (ABC), la siguiente lista de chequeos corresponde a este manual, en la cual solo se mencionan las listas de las carreteras ya existentes.

Tabla N°1: auditoria para carreteras ya existentes

Auditoria de seguridad vial de caminos existentes	SI	NO
1.- las barreras ¿se instalaron según la necesidad?		
2.- Las barreras ¿ se instalaron en todas las ubicaciones necesarias según su ubicación		
3.- Los sistemas de barreras ¿son adecuados para el proposito?		
4.- Las barreras ¿se instalaron correctamente?		
5.- La longitud de la barrera de cada instalación ¿es adecuada?		
6.- Las barandas de defensas ¿están correctamente conectadas con las barandas de los puentes?		
7.- Entre la barrera y la línea de borde, ¿ hay suficiente ancho como para contener un vehículo?		
8.- Los tratamientos extremos ¿ se construyeron correctamente?		
9.- Detrás de los dispositivos ¿ hay suficiente área para una segura salida del camino?		
10.- En los puentes alcantarillas y accesos ¿ hay adecuadas barreras para proteger a los vehículos errantes?		
11.- La conexión entre barrera y puente ¿es segura?		
12.- El puente, ¿esta libre de cordones que pudieran reducir la efectividad de las barreras?		

Fuente: Administradora Boliviana de Carreteras

2.2.2 Costado de Calzada (CDC)

Los accidentes por salir fuera del camino constituyen la tipología más frecuente entre los siniestros de tránsito en las carreteras, los CDC es la parte de la vía o carretera destinada a la circulación de vehículos, se compone de un cierto número de carriles donde las vías pueden tener una o más calzadas, está dividida longitudinalmente por eje central en dos partes derecho e izquierdo, según el sentido de la marcha, el eje de la calzada puede estar determinado por líneas longitudinales continuas o discontinuas que igualmente pueden delimitar carriles. Para reducir el número de víctimas fatales el objetivo debe ser mantener a los vehículos en la calzada y evitar que invadan los costados. Donde esto ocurra el diseño debe esforzarse por reducir al mínimo el riesgo de choques contra objetos peligrosos en los costados, el vuelco de los vehículos y reducir la gravedad de los accidentes que se produzcan.

Dentro de los costados de calzada es importante la definición de una zona despejada (ZD) cuya configuración es una franja paralela al eje de la calzada, la cual se observa desde el borde de esta hacia el exterior, donde al perder el control el vehículo le permita al conductor retornar a la vía o detenerse sin riesgo de sufrir daños de importancia.

2.3 Barreras Longitudinales Metálicas

Las barreras longitudinales metálicas son dispositivos que se sitúan a lo largo de los márgenes exteriores de una carretera, son instalados con la finalidad de proporcionar un cierto nivel de contención a un vehículo fuera de control, que pueda impactar contra algún objeto fijo (puente, pilar, poste, etc.) o salirse de la carretera, mitigando los daños y lesiones tanto para sus ocupantes como para otros usuarios de la carretera.

Por tanto el principio básico es “solo se debe instalar barreras de seguridad cuando el daño esperado en los usuarios y vehículos, al colisionar con estas, sea menor al daño que la ocurrida si la barrera no estuviera”

Estos dispositivos deben cumplir con tres funciones básicas:

- ④ Contener al vehículo
- ④ Redireccionar el vehículo
- ④ Mitigar la gravedad del impacto de los ocupantes del vehículo

2.3.1 Criterios de Instalación de las Barreras

Algunos de los peligros que pueden justificar la instalación de barreras de protección son:

- ④ Características geométricas (curvas cerradas, terraplenes altos, taludes empinados, etc.)
- ④ Objetos fijos (árboles, teléfonos, pilas de puentes, muros, postes, etc.)
- ④ Otros peligros del CDC (cortes de roca, grandes rocas, desniveles, hilera de árboles a lo largo del costado de calzada, etc.)

2.3.2 Parámetros para Evaluar la Eficiencia de las Barreras

Se definen los siguientes parámetros para evaluar la eficiencia de las barreras de seguridad vehicular:

📌 Nivel de Contención

Es la energía cinética transversal que un sistema, es capaz de retener de manera controlada, sin que el vehículo atravesase el sistema ni se vuelque. Ninguna parte

relevante del sistema debe desprenderse o penetrar en el vehículo durante el impacto, de tal manera que el vehículo se mantenga estable durante y después del impacto con el dispositivo.

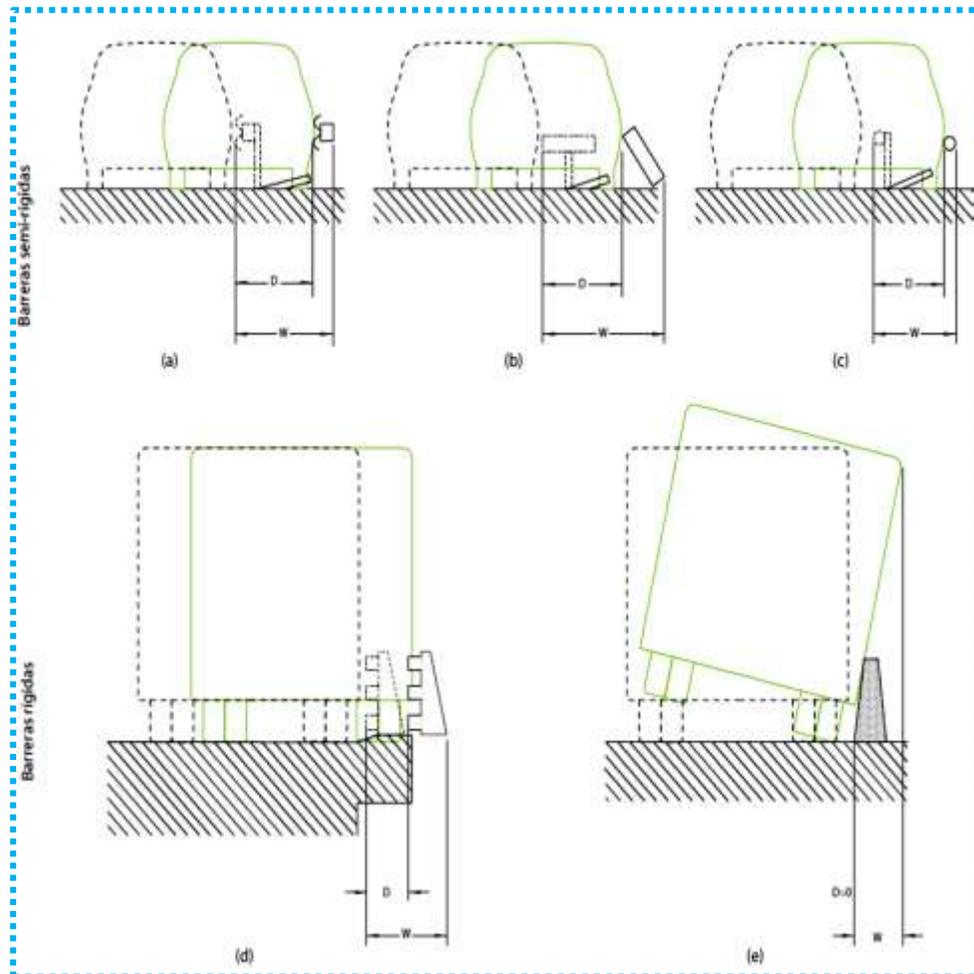
Severidad de Impacto

Se define como el nivel de riesgo de sufrir lesiones para los ocupantes del vehículo como consecuencia de una colisión. Un sistema que sea capaz de contener un motorizado no sirve si al contener un vehículo liviano causa graves lesiones o la muerte de sus ocupantes.

Deformación del Sistema de Seguridad

Se describe mediante dos distancias transversales: ancho de trabajo (W) y deformación dinámica (D). Si la deformación del sistema es mayor que el espacio transversal entre este y la zona peligrosa entonces el sistema no protege realmente al usuario del peligro (ver figura1).

FiguraNº1: deflexión (D) y ancho de trabajo (W) de las barreras de seguridad



Fuente: Norma europea EN-1317

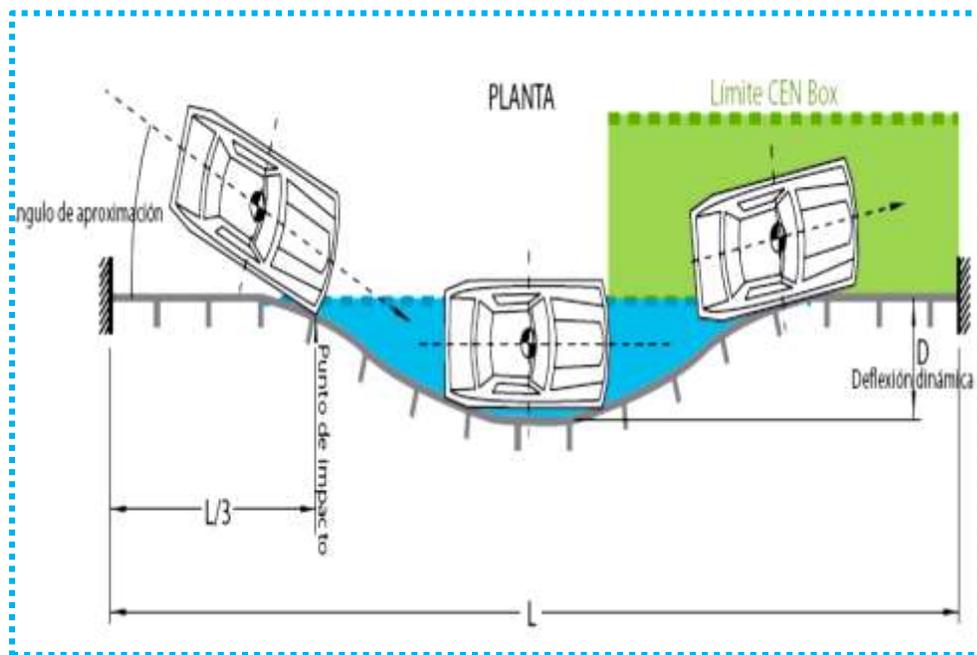
El **ancho de trabajo (W)** es la distancia entre la cara más próxima al tráfico antes del impacto y la posición lateral más alejada que durante el impacto alcanza cualquier parte esencial del sistema o vehículo.

La **deflexión dinámica (D)** es el máximo desplazamiento dinámico lateral de la cara del sistema más próximo al tráfico.

Capacidad de Redireccionamiento

La normativa EN 1317 evalúa la capacidad de redireccionamiento de un sistema que se muestra en la siguiente (figura N°2). Si las ruedas del vehículo tras el impacto cortan un segmento teórico paralelo ubicado a una cierta distancia del sistema, entonces se considera que la barrera carece de capacidad de redireccionamiento y no es aceptable. Debemos tener en cuenta que una de las funciones básicas de las barreras de seguridad es su facultad de reconducir los vehículos que abandonan la vía.

Figura N°2: redireccionamiento del vehículo



Fuente: norma europea EN-1317

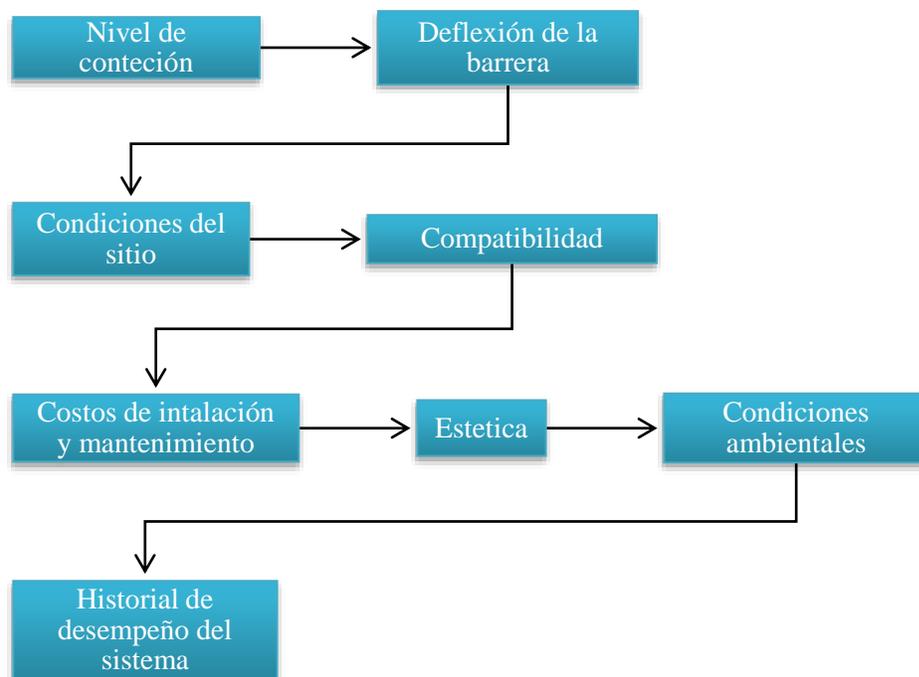
2.3.3 Factores que se Consideran en la Selección de una Barrera de Seguridad

El proceso de selección de una barrera de contención vehicular es complicado debido a las diferentes situaciones que se encuentran en los márgenes de las vías y las múltiples opciones de sistemas disponibles en el mercado.

Se debe enfatizar que la mejor opción es aquella que brinda el nivel de protección requerido al menor costo durante un determinado periodo. Instalar una barrera de

seguridad vial debe considerarse como última opción, siempre se debe analizar la viabilidad técnica y económica de otras opciones que incluyen la mitigación del peligro potencial.

De no ser factible la solución del problema de seguridad existente en los márgenes de una carretera mediante la eliminación o modificación del peligro existente, y sea necesario instalar una barrera de seguridad, la elección del sistema debe basarse en criterios técnicos objetivos u oficialmente establecidos. Los siguientes factores que se deben considerar son los siguientes:



Nivel de Contención

La barrera deben poseer la capacidad de contener y re direccionar un vehículo de manera segura, si la prioridad es proteger los automóviles de pasajeros, un sistema de contención estándar, desarrollado para impactos de baja severidad con automóviles livianos será seleccionado normalmente. Si la vía presenta deficiencias en el diseño

geométrico, altas velocidades de circulación, elevados volúmenes de tránsito puede ser necesario instalar un sistema de alta contención o reforzar los sistemas que se encuentren en la trayectoria de las vías.

Deflexión de la Barrera

Una vez que se ha determinado el nivel de contención requerido, la deflexión del sistema es un criterio que toma relevancia y puede dictar el tipo de barrera que se seleccione. Un principio general que debe aplicarse es colocar la barrera más flexible posible, siempre que se cumplan con los criterios dados por las normativas vigentes y las especificaciones técnicas del fabricante, ya que la severidad del impacto será menor, causando menores daños físicos a los ocupantes del vehículo.

Si el obstáculo se ubica muy cerca de la vía probablemente la mejor opción es colocar un sistema semirrígido o rígido. Se debe comprobar en todos los casos que el suelo pueda resistir las cargas laterales impuestas durante el impacto.

Si el obstáculo se ubica muy cerca de la barrera y es un elemento que supera la altura de la misma, como pilas de puentes u otros, se debe considerar la posibilidad de que los vehículos se inclinen sobre la barrera e impacten la estructura, situación que por ejemplo podría provocar una tragedia mayor debido al colapso del soporte. En ese caso se debe disponer una distancia mayor al ancho del trabajo entre el peligro y la barrera de seguridad, o incrementar la altura de la barrera para minimizar la inclinación del vehículo durante el impacto.

Condiciones del Sitio

En general la pendiente de aproximación a la barrera de seguridad no debe ser mayor a 1V: 10H para asegurar el adecuado funcionamiento del dispositivo durante el impacto. Si la pendiente del terreno es mayor el centro de gravedad del vehículo puede desviarse de su posición normal, lo que puede provocar que el vehículo traspase el dispositivo de seguridad, se vuelque o sea enganchado por un poste. Algunos sistemas flexibles pueden colocarse en terrenos con pendientes de hasta 1V:6H, sin embargo, se

deben revisar las especificaciones técnicas del fabricante para garantizar que esta configuración sea adecuada.

La cimentación y el suelo son una parte integral del sistema de contención vehicular, se debe revisar detalladamente las condiciones bajo las que se realizaron los ensayos y las recomendaciones de instalación de los fabricantes para garantizar el adecuado comportamiento del dispositivo de seguridad en el campo. En los planos y especificaciones técnicas del fabricante define cual es el tipo de suelo requerido para la cimentación del sistema, los parámetros que lo caracterizan, los ensayos que deben efectuarse para medir la resistencia del suelo y las normativas de referencia, se debe garantizar que la resistencia del suelo donde será instalado el sistema de contención vehicular sea suficiente para que el sistema tenga un funcionamiento correcto.

Compatibilidad

Una recomendación frecuentemente practicada por las agencias de administración de carreteras, es utilizar una reducida variedad de sistemas de contención vehicular debido a las siguientes ventajas:

- ④ Los sistemas de contención vehicular en uso, que han demostrado su efectividad y confiabilidad a través de los años y se ha instalado conforme a las especificaciones técnicas del fabricante y las normas vigentes, deberían ser utilizados por las agencias administradoras de carreteras, ya que los registros históricos son las mejores pruebas que pueden respaldar la efectividad de un determinado modelo.
- ④ El personal de construcción y mantenimiento puede especializarse en la instalación o reparación de los sistemas más utilizados.
- ④ Los terminales y transiciones pueden estandarizarse para situaciones normales.

Costo de Instalación y Mantenimiento

El costo de instalación y mantenimiento son factores de peso en la selección de un determinado sistema. Los sistemas de alta contención generalmente tienen un alto costo de instalación, sin embargo los costos de mantenimiento son menores.

Se consideran los siguientes costos de mantenimientos:

- ④ **Mantenimiento Rutinario.-** Los costos de mantenimiento rutinarios son mínimos e incluyen los costos de las operaciones de limpieza y pintura, éstos son prácticamente iguales para cualquier tipo de barrera de seguridad.
- ④ **Reparación.-** La mayoría de los costos de mantenimiento se deben a los daños que sufre la barrera durante el impacto. En zonas de alto tránsito donde las colisiones con la barrera son frecuentes, los costos de reparación son un aspecto importante, donde no se pueden realizar labores de reparación sin interrumpir el tránsito de los carriles, se prefiere instalar una barrera rígida de concreto, que prácticamente no sufre ningún daño durante el choque.
- ④ **Materiales y Almacenamiento de Piezas.-** Se debe determinar la disponibilidad de las piezas para su reemplazo en un futuro y cuáles son los requerimientos de almacenamiento.

■ **Estética**

En la mayoría de los casos, este factor no rige la selección del sistema, sin embargo, en algunas áreas turísticas o reservas naturales se prefiere colocar barreras rústicas o de apariencia natural, que contribuyan a la belleza escénica de la zona.

■ **Condiciones Ambientales**

Las barreras de seguridad forman parte de la infraestructura vial y por lo tanto deben ajustarse a las condiciones ambientales presentes en la zona. Por ejemplo las barreras no deben obstaculizar la visibilidad de los conductores que se aproximan a una intersección desde una vía secundaria.

■ **Historial de Desempeño del Sistema**

El desempeño de la barrera durante su vida útil y los costos de instalación y reparación deberían ser monitoreados y registrados por las instituciones encargadas de las carreteras, ya que estos datos son necesarios para realizar una adecuada gestión de la infraestructura vial. Los ingenieros encargados de la selección, diseño y construcción

de las barreras de seguridad también deben tener acceso a estos datos para realizar la mejor elección.

Si un tipo de sistema se ha desempeñado satisfactoriamente durante su vida útil y los costos de mantenimiento no son excesivamente altos, no existe ninguna razón para que se sustituya por otro.

Se debe enfatizar que las pruebas de impacto a escala real son un medio para verificar el óptimo desempeño de una barrera en servicio, por lo que resulta necesario replicar en el campo las condiciones de instalación de la barrera durante el ensayo. Se requiere aplicar de manera consistente los criterios establecidos en las normativas, y especificaciones de los fabricantes, sin embargo el rendimiento de las barreras debe ser monitoreado en campo para verificar su adecuado funcionamiento.

2.3.4 Tipos de Barreras

Los tipos usuales de barreras longitudinales, según su capacidad de deformación durante un choque, se clasifican en: barreras flexibles, semirrígidas y rígidas, reuniendo las tipologías que se observan en la **tabla N°2**

Tabla N° 2: Tipologías de las barreras según su grado de rigidez

Sistemas Flexibles		
Deflexión 1.2-5.5 m	Barreras flexibles con postes débiles	Cable de acero
		Doble onda
	Barreras de cable con postes débiles	Triple onda
		Cable pretensado
Sistemas semi- rígidos		
Deflexión 0.5-2.5 m	Doble onda, poste rígido con separador	
	Triple onda, poste rígido con separador	
	Triple onda, poste rígido con separador modificado	
	Triple onda, poste rígido con separador europeo	
	Acero revestido de madera	
Sistemas rígidos (hormigón)		
Deflexión 0-0.7 m	General motors, GM	
	New jersey	
	Sección en "F"	
	Muro vertical	
	Otras formas	

Fuente: Norma europea EN-1317

2.3.4.1 Barreras flexibles

Las barreras de seguridad flexibles están constituidas por diferentes tipos de cables generalmente de acero sujetas a postes por lo general metálicos. El principal inconveniente que tienen estos sistemas de seguridad es la gran flecha de deformación que se produce ante el impacto de un vehículo.

2.3.4.2 Barreras semirrígidas

Las barreras de seguridad semirrígida o semiflexibles están constituidas generalmente por elementos metálicos, que es capaz de resistir un cierto grado de deformabilidad absorbiendo y disipando la energía producida por el impacto del vehículo. La utilización de las barreras flexibles de seguridad se ha extendido mucho en diferentes países por la fácil instalación de este tipo de barrera.

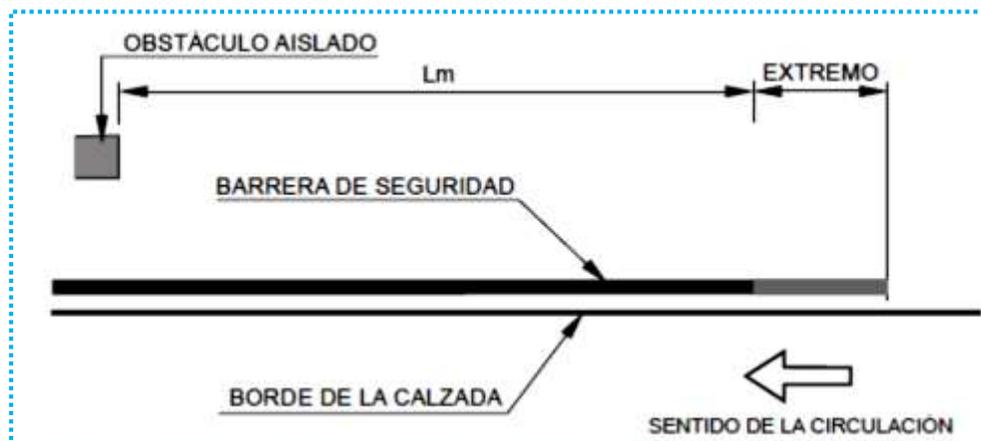
2.3.4.3 Barreras rígidas

Los elementos rígidos pueden ser de hormigón, estas se pueden dividir en secciones y conectarse entre sí mediante robustas barras de acero para garantizar el desplazamiento lateral durante los fuertes impactos, la principal ventaja de este tipo de sistema es su gran duración y su facilidad de conservación.

2.3.5 Características físicas sobresalientes de las barreras metálicas

2.3.5.1 Longitud

Cuando una barrera de seguridad paralela a la carretera tenga por objeto evitar que un vehículo alcance un obstáculo aislado (un poste, soporte de un cartel de señalización, etc.) se recomienda iniciar la barrera de seguridad antes de la sección en la que se encuentra el obstáculo, a una distancia mínima L_m dada por la tabla 3 (sin contar con el extremo). Ver figura 3.

Figura 3 Longitud de anticipación L_m **TablaN°3.** Longitud de anticipación L_m (m)

Velocidad de trayecto (km/h)	Longitud mínima (m)
< 70	28
70 a 100	48
> 100	60
Fuente: EN-1317	

Fuente: norma europea EN-1317

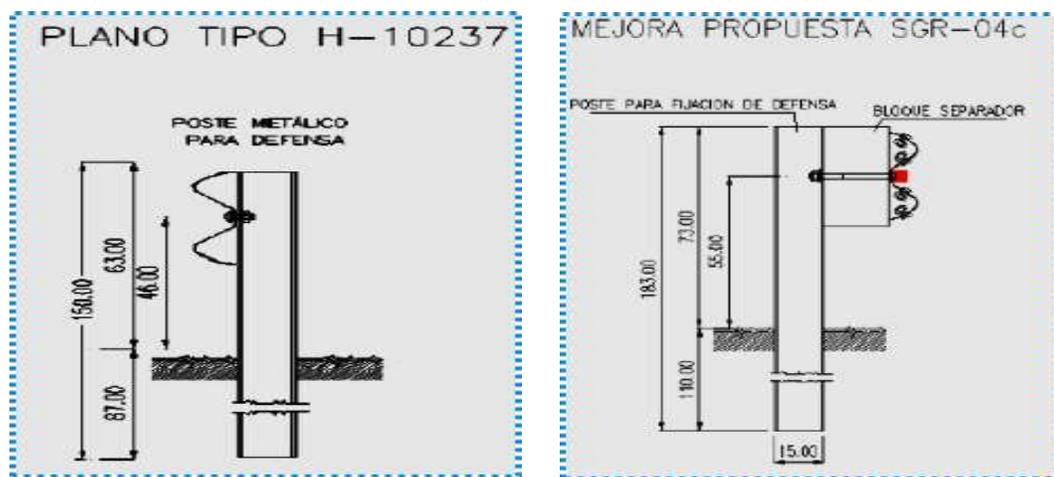
2.3.5.2 Altura

La altura de barrera recomendada en el plano tipo H-10237(EN-1317), es de 0.63 m. muchas veces esta altura medida desde el nivel de terreno no es respetada, con lo cual el modo con que la barrera absorbe la energía del impacto se ve modificado, obteniéndose resultados no satisfactorios. Una consecuencia de un defecto en la ubicación en la altura de una barrera, podría ser que un vehículo pase por encima de

la misma empleando a esta como rampa, o que vehículos de pequeño porte puedan levantar la barrera al impactarla en la parte inferior de la viga.

Si se compara la altura de las barreras H-10237 y la recomendada por la AASHTO, se encuentran sustanciales diferencias, en el caso de esta última la altura total es de 0.73 m, 10 cm mayor, detalle que puede observarse en la figura N°4.

Figura N° 4. Comparación de perfiles de barreras



Fuente: AASHTO y EN-1317

2.3.5.3 Ancho de Trabajo

Para analizar esta variable se debe estudiar la distancia de deflexión, que es la deformación de la barrera al ser chocada. La distancia disponible para deflexión es la que se ubica entre la parte posterior de la barrera y el objeto fijo; debe ser mayor que la distancia de la deflexión esperada para una determinada barrera, las barreras contempladas en la norma EN-1317, tienen una deflexión de 2.5 m aproximadamente para barreras semiflexibles, por lo que se deben dejar como mínimo esta separación entre su cara posterior y los objetos fijos peligrosos.

Al ancho total se le denomina ancho de trabajo, cuando este ancho de trabajo sea mayor que la distancia a un objeto fijo, se deberá utilizar una barrera de mayor rigidez que minimice la invasión por inclinación y por deflexión.

2.3.5.4 Baranda de Contención

Perfil rigidizado de doble onda, que se dispone horizontalmente en la barrera metálica de seguridad, esta baranda es el elemento que toma y mantiene contacto con el vehículo, con la misión fundamental de reconducirlo y absorber de manera controlada buena parte de la energía cinética del impacto.

2.3.5.5 Poste de Sujeción

Este perfil actúa como soporte de la baranda y elemento de inserción de la barrera en el terreno, es un elemento que es capaz de deformarse y deshincarse a medida en que el sistema se deforma producto del impacto y de su capacidad de absorción de energía.

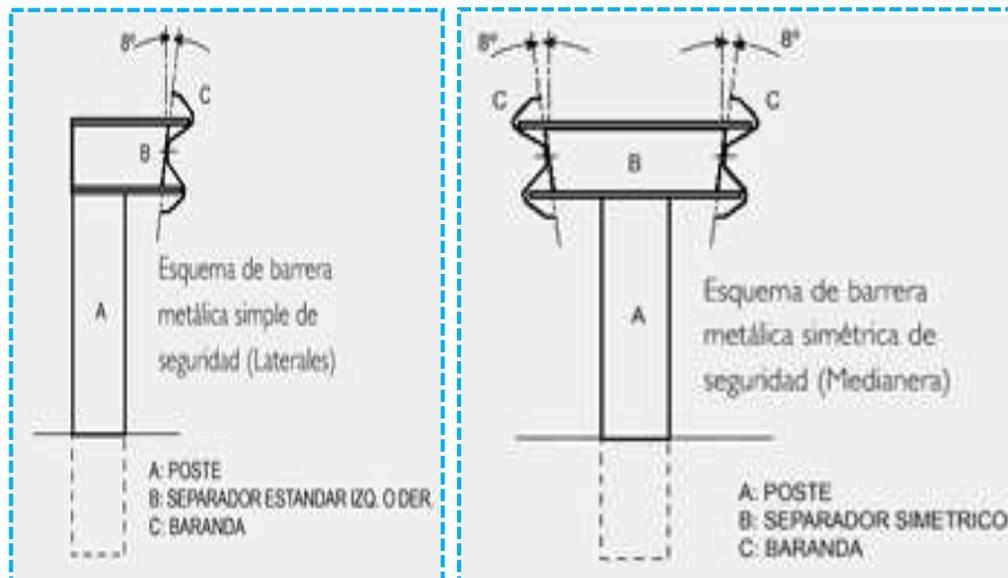
2.3.5.6 Ojos de Gato

Mejora la visibilidad de los sistemas de seguridad durante los inconvenientes del medio ambiente (lluvia, neblina) como así también de la noche, lo que permite al vehículo mantener su dirección y seguridad en la carretera.

2.3.5.7 Bloque Separador

Se trata de un elemento intermedio entre la barrera propiamente dicha y el poste, tiene la finalidad de alejar los postes de la rueda del vehículo evitando que puedan engancharse producto del choque, y de mantener la altura de la barrera prácticamente constante durante el choque, incluso cuando el poste se va inclinando. Ver en la figura N°5

Figura N°5. Bloque separador y su disposición



Fuente: imágenes capturadas por la página Web: www.google.com

2.3.5.8 Nivel de Contención

Se definen los siguientes niveles de contención y criterios básicos de aplicación de las barreras metálicas longitudinales:

■ **P1- Bajo.**

Se utilizarán estas barreras para condiciones de nivel de servicio bajo como zonas urbanas o en carreteras de bajo volumen de tránsito donde predominen el tránsito de vehículos livianos con velocidades de hasta 30 Km/h, también pueden ser utilizado como barreras temporales.

■ P2-Medio.

Es el nivel mínimo requerido para carreteras de alta velocidad donde predomine el tránsito de vehículos livianos.

■ P3- Medio alto.

Es el nivel recomendado para vías que tienen un tráfico principal de vehículos de transporte público y autobuses interurbanos con pesos brutos de hasta 20 toneladas.

■ P4- Alto.

Es el nivel recomendado para vías que tienen un tráfico considerable de vehículos pesados como camiones y autobuses con pesos brutos de hasta 50 toneladas.

■ P5- Muy alto.

Es el nivel recomendado para vías que tienen un tráfico recomendado de camiones tráiler y semi tráiler.

En la tabla N° 4 se aprecia los diferentes niveles de contención que pueden ser considerados, según la norma EN-1317

Tabla N° 4 niveles de contención

Nivel de Contención
P1- Bajo
P2-Medio
P3-Medio alto

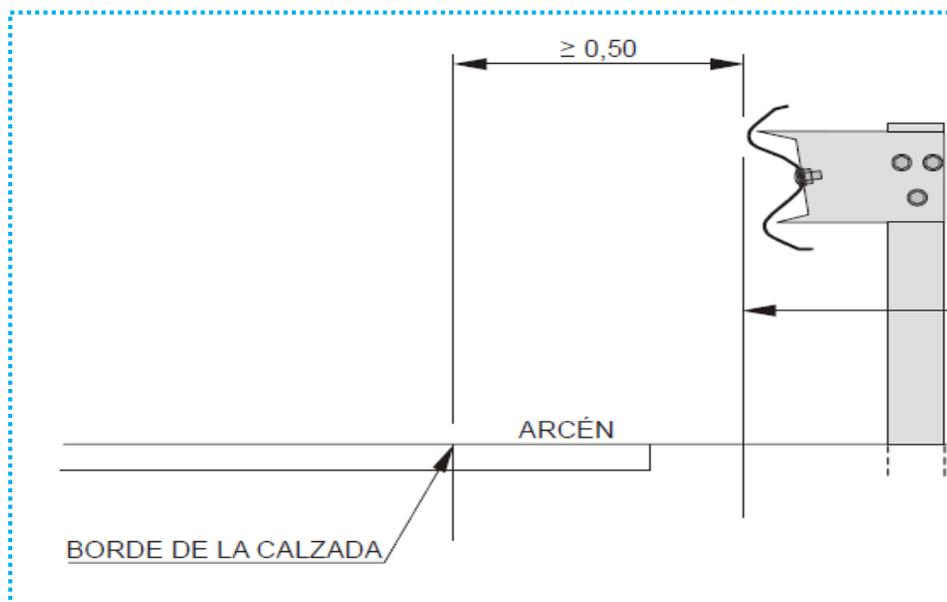
P4- Alto
P5- Muy alto

Fuente: norma europea EN-1317

2.3.5.9 Disposición Transversal (Distancia al Borde de la Calzada)

Las barreras de seguridad se colocarán siempre fuera del arcén de la carretera y cuando la anchura sea inferior a 0.50 m o no haya arcén, la barrera de seguridad metálica se colocara a una distancia transversal del borde de la calzada de, al menos, 0.50 m. Se recomienda en cualquier caso, colocar las barreras de seguridad metálicas siempre que sea posible separadas del borde del pavimento para así no afectar la zona prevista para su funcionamiento.

Figura N°6: distancia al borde de la calzada



Fuente: imagen de la página web: www.google.com

2.3.6 Terminal de Barrera y Amortiguadores de Impacto

La terminal de barrera constituye el punto de inicio y fin de la misma, su configuración es esencial ya que puede constituirse en el primer elemento que impacte un vehículo

que sale fuera de la calzada. Algunos terminales sólo funcionan como elementos de seguridad, mientras que otros proporcionan anclaje a las barreras.

Una terminal de barrera funciona de alguna de las siguientes maneras:

- ④ Desacelera el vehículo hasta detenerlo en una corta distancia
- ④ Permite una penetración controlada del vehículo detrás de la barrera
- ④ Retiene y direcciona el automóvil

2.3.6.1 Tipos de Terminales y Amortiguadores

Los terminales se pueden clasificar en cuatro categorías de acuerdo a su funcionamiento:

- ④ Terminales bruscos
- ④ Terminal abatidos y enterrados
- ④ Terminal empotrado en un talud
- ④ Terminales atenuadores de impacto

■ Terminales Bruscos

Son los llamados “cola de pez”, no son recomendables debido a su comportamiento negativo a cualquier velocidad, el riesgo de penetración del vehículo es elevado, imponen desaceleraciones muy altas a los ocupantes del vehículo, en la **(figura A)** se muestra un terminal tipo cola de pez. Actualmente es de uso generalizado el terminal tipo cola de pez el cual ha quedado demostrado por numerosos investigadores, es definitivamente desaconsejable. Dentro de estos últimos y aconsejado sólo para zonas de velocidades bajas se encuentra el terminal tipo “rounded” o tipo A, que pueden observarse en la **figura 7**. A este terminal se le ha incorporado una demarcación retroreflectiva para alertar a los conductores de un obstáculo lateral.

■ Terminal Abatido y Enterrado

Consiste en disminuir la altura de la barrera hasta que esta alcance el nivel del suelo y pueda enterrarse el anclaje (**ver figura B**). No ofrece un elevado riesgo de penetración

del vehículo, pero puede producir el vuelco de los vehículos que lo impactan frontalmente. En los casos en que la barrera se ubique muy próxima a la vía, se debe instalar de manera que en la planta presente un tramo en ángulo, de tal forma que el extremo enterrado del terminal se aleje del borde de la vía, a pesar de ser una solución de bajo costo estos diseños no son recomendados para una velocidad superior a 70 Km/h, sin embargo, tienen aplicación en vías con velocidades menores.

En la **(figura C)** se muestra una barrera rígida de concreto con una terminal del tipo abatido que no es recomendable para ser aplicadas en vías de alta velocidad.

■ Terminal Empotrado en un Talud

Es una solución muy eficiente, consiste en alejar el extremo de la barrera del borde de la vía y anclarlo a un talud de corte (**ver figura D**) este talud debe ser empinado con una pendiente mayor a 1H: 5V y una superficie suave (no rocosa) capaz de redireccionar el vehículo sin provocar el vuelco del mismo. Si el diseño de la barrera de seguridad y su terminal es adecuado (considerando su posición en campo y diseño estructural), este tipo de anclaje provee una defensa absoluta a los usuarios, elimina la posibilidad de una colisión frontal con el terminal de la barrera, y minimiza la posibilidad de que el vehículo traspase la barrera y alcance el obstáculo.

■ Terminal Atenuador de Impacto

Este tipo de terminales se comportan como sistemas atenuadores de impactos frontales y como barreras de seguridad entre las colisiones laterales. Constituye el tipo óptimo de terminal, pero su instalación es poco común debido a razones de índole económica. La **(figura E)** muestra un ejemplo del terminal atenuador de impacto. El comportamiento de este tipo de terminal se ilustra en la **(figura F)**.

Los **terminales de barreras** se pueden clasificar de la siguiente manera:

- ④ Terminales franqueables.- Los terminales franqueables y no re directivos son diseñados para que el vehículo pase a través de ellos e ingrese a una área ubicada detrás de la barrera, la cual debería ser plana y libre de obstáculos.

- Ⓢ Terminales infranqueables.- Los terminales infranqueables y con capacidad de re direccionamiento no permiten que el vehículo traspase la barrera. Si el choque es frontal, el terminal detiene de manera controlada y segura el vehículo. Si el choque es lateral, el terminal desacelera y cambia la trayectoria de este, permitiéndole regresar a la vía. En la **(figura H)** ilustra el concepto de terminales franqueables e infranqueables.

AMORTIGUADORES DE IMPACTO

Se utilizan para proteger zonas u obstáculos peligrosos contra choques frontales. Su finalidad es atenuar las consecuencias del choque del vehículo, absorbiendo su energía cinética mediante la deformación del sistema en la **(figura G)** muestra un amortiguador de impacto colocado en la terminal de una barrera de seguridad.

Los **amortiguadores impacto** se clasifican de la siguiente manera **ver figura I**

- Ⓢ Amortiguador redirectivos.- Éstos contienen el vehículo y cambian su dirección, apartándolo del objeto peligroso.
- Ⓢ Amortiguador no redirectivos.- Éstos desaceleran el vehículo hasta detenerlo en una corta distancia

Factores a considerar para seleccionar el terminal de barrera más apropiado:

- Ⓢ Las características del terminal de barrera
- Ⓢ Velocidad
- Ⓢ Espacio disponible para la instalación y deformación del terminal
- Ⓢ Capacidad para absorber las colisiones
- Ⓢ Compatibilidad con la barrera de seguridad
- Ⓢ Costo de instalación y mantenimiento

Cada uno de estos factores se describe a continuación:

Características del Terminal

Los terminales infranqueables y redirectivos no requieren de un área libre de obstáculos detrás de la barrera para acomodar el vehículo, por lo tanto son idóneos para proteger zonas estrechas, donde las condiciones de emplazamiento no son favorables.

Velocidad

Los terminales de barreras y atenuadores de impacto han sido examinados para diferentes velocidades. El tratamiento que se seleccione para una barrera debe ajustarse a las condiciones ambientales, especialmente la velocidad de la vía. Un determinado tipo de terminal puede que se adopte mejor al entorno de la vía o su configuración puede modificarse para que su comportamiento durante el impacto sea el más adecuado. Por ejemplo, la longitud de algunos atenuadores de impacto pueden variar según las condiciones ambientales y la máxima velocidad de impacto esperada.

Espacio Disponible para la Instalación y Deformación del Terminal

El espacio disponible también influye en la selección de un terminal de barrera. Por ejemplo algunos atenuadores de impacto se adaptan mejor a las medianas estrechas, mientras otros son más apropiados para proteger peligros amplios (más anchos).

Los atenuadores de impacto no redirectivos y terminales franqueables requieren de una zona plana, compactada y libre de obstáculos para acomodar los vehículos que colisionen con el dispositivo y continúen avanzando hacia el área atrás de la barrera.

Las barreras y terminales son susceptibles a colisiones menores que no provocan serias lesiones a los ocupantes de los vehículos. Si el dispositivo recibe varios impactos menores deberían continuar desempeñándose satisfactoriamente sin recibir mantenimiento.

Compatibilidad con las Barreras de Seguridad

Las recomendaciones del fabricante deben consultarse para asegurarse que la barrera y el terminal sean compatibles y puedan funcionar adecuadamente. Una sección de

transición puede colocarse entre la barrera y el terminal para proveer la rigidez requerida en la conexión entre ambos elementos, la transición evita que el vehículo sea enganchado por el sistema y sirve para limitar el cambio en la deflexión.

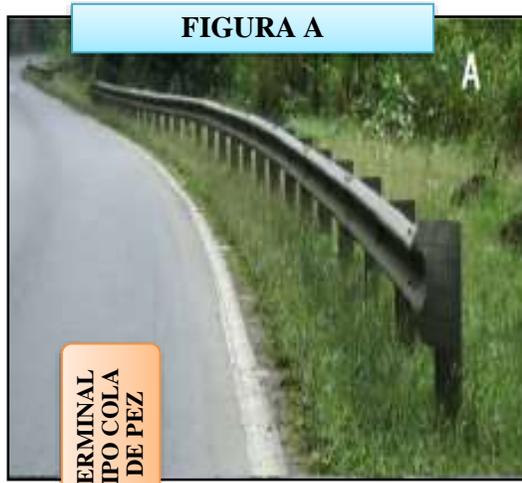
Costo de Instalación y Mantenimiento.- Se deben considerar los siguientes costos:

- ④ Costo de instalación
- ④ Costo de mantenimiento

Los atenuadores de impacto son relativamente costosos de instalar y reparar, se recomienda utilizarlos si la probabilidad de que un vehículo fuera de control impacte un obstáculo ubicado en los márgenes de las vías es alta y las consecuencias de los accidentes son severas y además se presentan algunas de las siguientes limitaciones:

- ④ Los otros tratamientos resultan difíciles de aplicar como: remover o reubicar el obstáculo.
- ④ No hay suficiente espacio disponible para instalar una barrera y su terminal, o los terminales de la barrera resultan un obstáculo muy peligroso e inaceptable.
- ④ Los costos de instalación y de reparación del sitio pueden ser significativos
- ④ Los tiempos de reparación y reemplazo de los elementos del sistema de seguridad después de un impacto deben considerarse en el análisis, ya que durante estas actividades se interrumpe y dificulta el tránsito por la vía y por lo tanto aumentan las demoras y los tiempos de viaje.

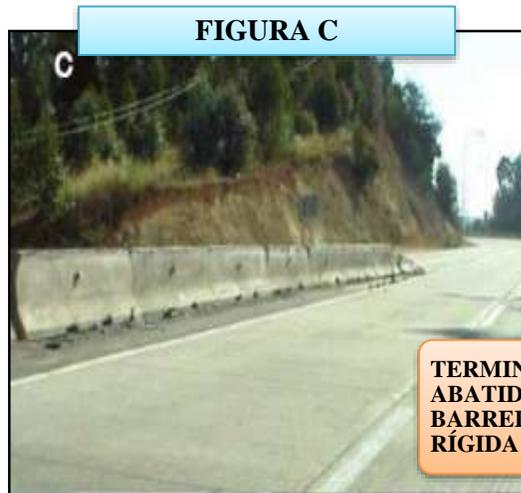
Figuras N° 7. Representación de los tipos de terminales



**TERMINAL
TIPO COLA
DE PEZ**

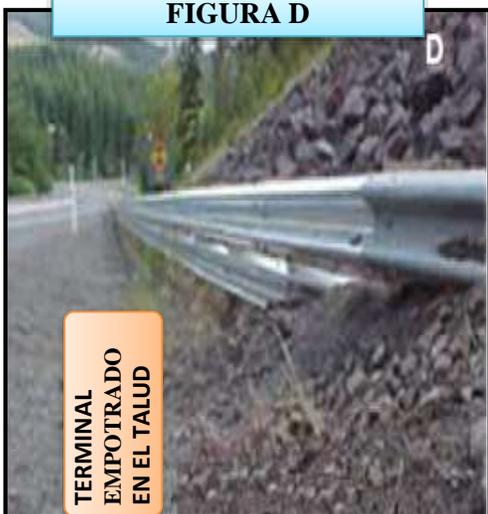


**TREMINAL
ABATIDO Y
ENTERRADO**



**TERMINAL
ABATIDA EN
BARRERA
RÍGIDA**

FIGURA D



**TERMINAL
EMPOTRADO
EN EL TALUD**

FIGURA E



**TERMINAL
ATENUADOR
DE IMPACTO**

FIGURA F

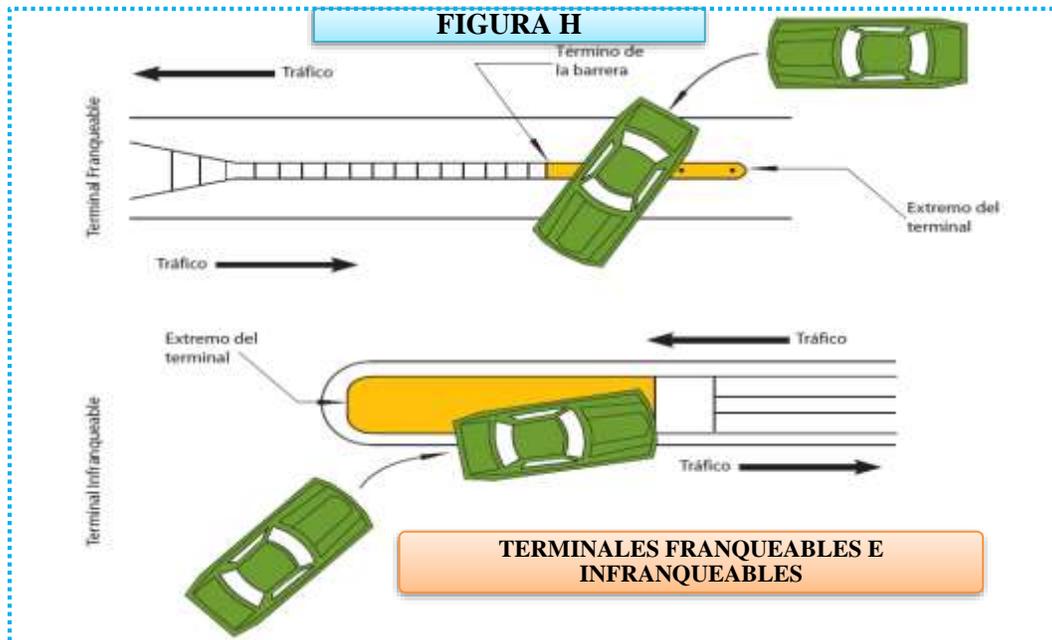


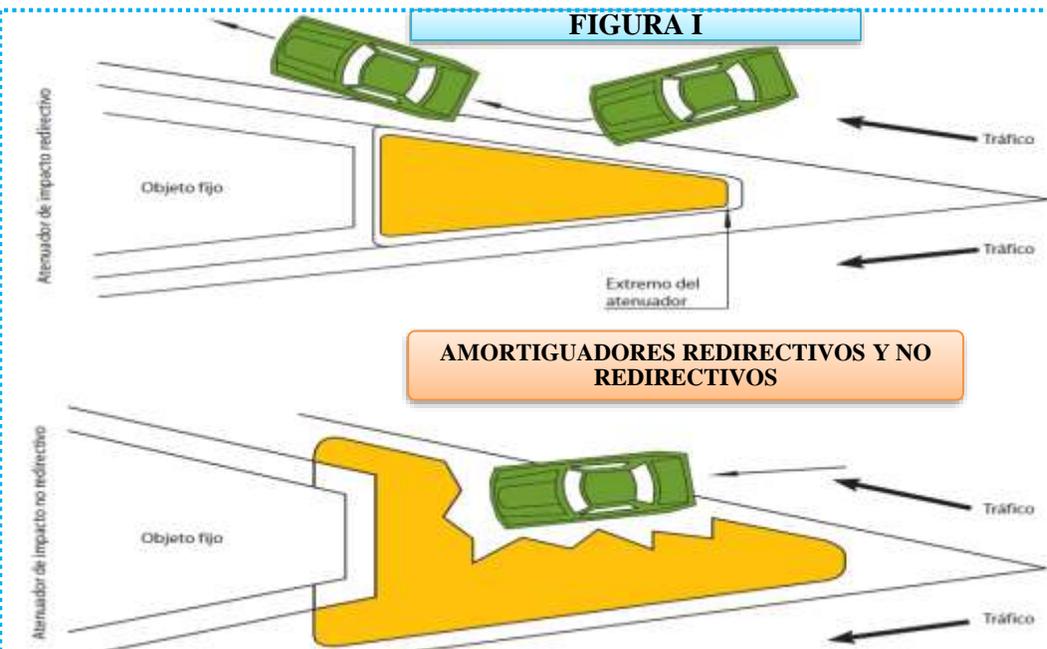
**COMPORTAMIENTO
DEL TERMINAL TIPO
ATENUADOR**

FIGURA G



**AMORTIGUADOR
DE IMPACTO**

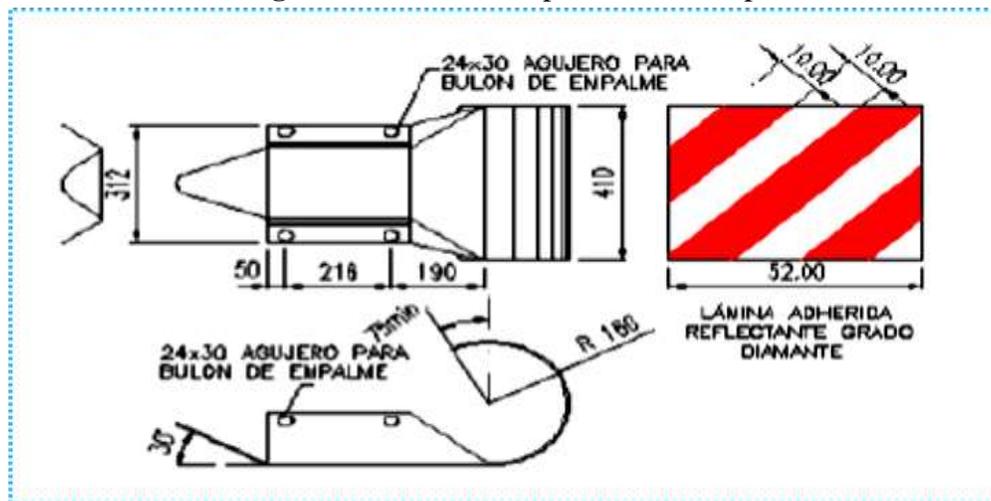


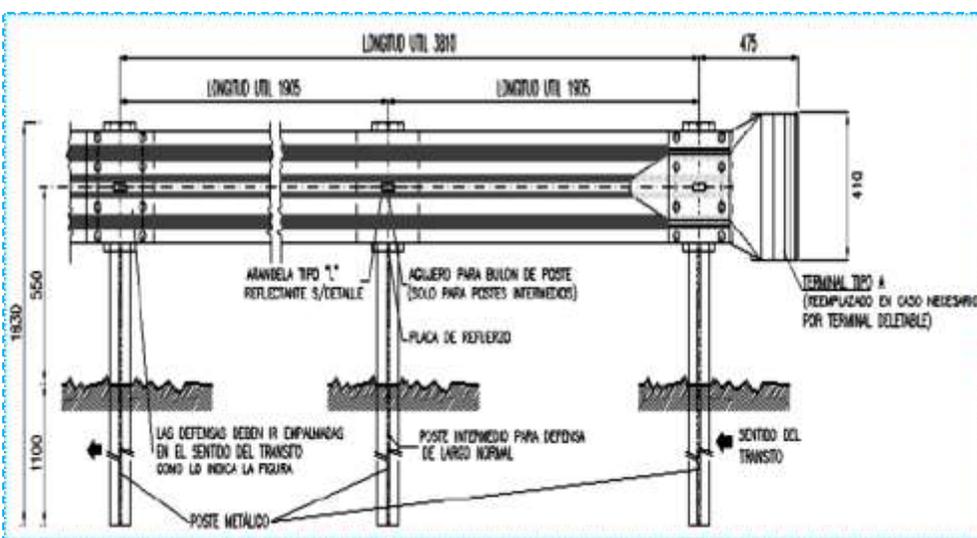


Fuente: Manual de

seguridad vial de márgenes de carreteras de la universidad de Costa Rica

Figura N°8: terminal tipo rounded o tipo A





Fuente: imágenes de la página Web: www.wikipedia.com

2.3.7 Especificaciones Técnicas de las Barreras de Seguridad

2.3.7.1 Materiales

Si la barrera de seguridad es de material metálico y con protección anticorrosiva de galvanizado, estará formada por una serie continua de elementos longitudinales (vigas), soportes (postes), espaciador y accesorios (pernos, arandelas, tuercas, pieza angular y topes), los cuales se podrá demostrar en caso de ser necesario, con el fin de proceder a su sustitución.

Las características específicas del material de cada elemento serán de acuerdo a lo estipulado en la prueba de impacto, estas especificaciones deberán estar basadas de acuerdo con las normas de control de calidad americanas o europeas según corresponda la prueba de impacto.

2.3.7.2 Instalación

La instalación de las barreras de seguridad se hará con las mismas especificaciones técnicas de los materiales, suelo y lugar donde será instalada la barrera de acuerdo a los previos estudios hechos en laboratorio donde se realiza la prueba de impacto con su debida certificación.

Para instalación y armado de la barrera de seguridad se debe respetar las especificaciones del fabricante y adecuar los problemas particulares que se presentan durante la instalación. Para las barreras metálicas el comportamiento rígido o flexible de un poste de acero depende de dos factores: el primero de estos factores corresponde a la sección del poste, el segundo factor depende de su instalación, por ello es fundamental que dicha instalación se realice de acuerdo con las instrucciones del fabricante, algunos de los problemas que se presentan ocurre en el borde de terraplenes o de quebradas, en esos casos se debe poner especial cuidado en que exista suelo disponible para hincar el poste, ya que si se instala una barrera muy cerca al borde de un terraplén, esta no tendrá suelo tras de sí para transmitirle su carga y el resultado será que la barrera al ser impactada se desplazará con el vehículo siendo incapaz de contenerlo.

La norma EN-1317 exige el cumplimiento de los ensayos, es por ello que toda barrera de seguridad metálica deben disponer necesariamente antes de su instalación los ensayos previos requeridos y todos los valores obtenidos para los distintos parámetros definidos en dicha norma lo cual garantiza su definición como sistema de contención.

Dichos parámetros, que obligatoriamente han de estar incluidos según la norma son los siguientes:

- Breve descripción del empleo del producto

- Nivel de contención del sistema
- Severidad de impacto
- Anchura de trabajo
- Deflexión dinámica
- Condiciones de durabilidad del producto(tipo de acero y tratamiento de galvanizado con referencia a la norma empleada)

No obstante el fabricante debe proporcionar un manual para la instalación que permita obtener el comportamiento declarado en el ensayo inicial de prototipo, en el manual de instalación se deben incluir detalles de mantenimiento e inspección, también el fabricante deben definir el uso del sistema teniendo en cuenta el terreno y otras condiciones de instalación.

2.4 Seguridad vial

Como el tráfico surge por la interacción de tres factores o elementos, es decir, una persona a los mandos de un vehículo en una vía, no cabe duda que el accidente de circulación se produce como consecuencia de la falta de armonía entre los tres elementos o entre dos de ellos.

La seguridad vial podría definirse o expresarse con las palabras” no producción de accidentes”, pero así expresada, esta definición es utópica, ya que siempre cabe la

posibilidad de que se produzca algún accidente y más si se tienen en cuenta que entre los elementos que intervienen el tráfico se encuentra el ser humano, sobre el cual recae la capacidad de decidir y con ella la de equivocarse. En otras palabras la seguridad vial nunca será una realidad de valores absolutos, puesto que accidentes de tráfico siempre existirán. A lo que cabe aspirar, y ello es un derecho de los ciudadanos y un deber de todas las autoridades encargadas de la situación vial, es que los accidentes disminuyan, las consecuencias sean lo menos dañosas para el individuo y para la sociedad.

La solución al problema de los accidentes es la seguridad vial total, pero la seguridad total es una utopía, sin embargo, no por ello los países donde la seguridad vial es una prioridad nacional desisten en su intento, si bien son realistas y persiguen conseguir metas intermedias, una seguridad razonable y proporcional que sea perfectamente asumida por la sociedad.

2.4.1 Generalidades

Las barreras de seguridad metálicas se situarán como norma general paralelas al eje de la carretera, de forma que intersecten la trayectoria de los vehículos fuera de control que de no estar aquéllas, llegarían a alcanzar los desniveles u obstáculos.

En los apartados anteriores se establece longitud de anticipación del comienzo de las barreras, esta longitud tiene por objeto evitar que el vehículo pueda alcanzar el obstáculo o desnivel del cual el sistema de contención le pretende proteger.

Una red vial debe satisfacer los requerimientos de seguridad, prestando atención a los accidentes e incidentes que ocurren en las carreteras y caminos, para ello es necesario establecer un control en las carreteras, en aquellos aspectos que fundamentalmente inciden en la seguridad. Aun así se detecta que las rutas continúan presentando altas tasas de accidentalidad, con el objetivo de disminuir estos accidentes se estudia el problema con mayor detalle, donde se detecta que existe una serie de factores que inciden directamente en la seguridad vial, tales factores generalmente se deben a singularidades de las rutas tales como intersecciones, señales obstruidas o presencia de elementos rígidos cercanos a la calzada, por mencionar algunos de ellos.

2.4.2 Un Estudio de Seguridad Vial Incluirá los Sigüientes Aspectos

- ✓ Análisis del proyecto (puntos de concentración de accidente sobre la estructura de las barreras, registro y análisis de las características físicas actuales de los sistemas de protección para identificar los factores que puedan afectar la seguridad vial).
- ✓ Análisis de las características físicas y operacionales de la carretera en estudio, para identificar factores que puedan afectar la seguridad vial.
- ✓ Planteamiento de mejoras o soluciones en puntos críticos identificados
- ✓ Sistemas de seguridad tipo de barreras de seguridad

2.4.3 Principios Fundamentales de la Seguridad Vial

■ Principio de Responsabilidad

Todos los usuarios de la vía pública deben asumir responsabilidades del cumplimiento de la normativa, evitando ser un peligro o un obstáculo para los demás usuarios, adoptando un comportamiento adecuado en cada momento y asumiendo las consecuencias de sus actos. Aunque todos los principios de seguridad vial son importantes, éste lo es posiblemente más, ya que si no somos conscientes de las responsabilidades que asumimos cuando usamos las vías públicas y efectivamente las asumimos, la circulación sería un caos y supondría un gran peligro para todos.

■ Principio de Confianza en la Normalidad del Tránsito

Todos los usuarios de la vía pública que se comporten siguiendo el principio de responsabilidad y cumpliendo las normas de tránsito, tiene el derecho de esperar que los demás usuarios también las cumplan. Este principio nos diría “ten confianza que, en general todos van a cumplir lo establecido”, no obstante a pesar de lo establecido por este principio, todos los usuarios deben prever los comportamientos defectuosos de los demás.

■ Principio de Seguridad o de Defensa

En determinadas circunstancias, el principio de seguridad o de defensa, se antepone al de confianza. Nadie debe confiar ilimitadamente en que los demás usuarios cumplan al pie de la letra las normas reglamentarias, en casos excepcionales, algún usuario puede tener un inesperado cambio de actitud y tener un comportamiento contrario a la norma. Este principio es por lo tanto el complemento del “de confianza”.

Principio de Conducción Dirigida

Este principio nos dice que los conductores deben ser dueños del movimiento de su vehículo en todo momento nos obliga pues, a concentrar toda nuestra atención y nuestra conciencia a la actividad de conducir, sin distracciones que nos hagan perder el dominio sobre nuestro vehículo y por lo tanto provocar daños a los demás usuarios.

Principio de Señalización

La norma general de circulación indica que se debe circular por la derecha. Este principio dice que si existe un obstáculo que impida el paso o altere o limite esta regla, debe estar convenientemente señalizado. Como se ve en este principio es complementario al de confianza ya que si no existe ninguna señal que indique alguna alteración de la normal circulación el conductor circulará con la confianza de que no hay ningún obstáculo y si hubiera, estaría señalizado.

Principio de Seguridad

Para lograrla, es cierto que las instituciones encargadas de los caminos, debe actuar consiguiendo mejores vías y evitar que en lo posible se produzcan accidentes. Para ello las normas establecen aspectos convenientes para que la circulación se realice con la máxima seguridad posible, pero estas medidas no serán suficientes si no se inculca en los conductores:

- Un profundo conocimiento de las normas y señales reguladoras de la circulación, especialmente de aquellas que más incidencia tienen en la seguridad vial (velocidad adecuada, adelantamientos, preferencias, etc.)

- Una concientización e información sobre la seguridad vial de las carreteras, dependiendo la situación donde se encuentren cada usuario.
- Una adecuación de la conducción a las características de las vías por las que circula, para lograr que sea capaz de mantener una conducta segura aun en circunstancias desfavorables
- Conocimientos en que al manejar por carreteras donde existe un alto volumen de tráfico no se debe ser distraído por ningún dispositivo electrónico.
- Respetar la respectiva señalización tanto vertical como horizontal que se encuentran dispuestas en las carreteras.

Principio de Comodidad y Confort

Un tráfico seguro y fluido es, en principio, un tráfico cómodo, por tanto si las vías se encuentran en condiciones suficientes de seguridad vial, entonces la comodidad y el confort de los vehículos será satisfactorio.

2.4.4 Educación Vial

Es muy difícil tratar por separado la educación y la formación vial, sin embargo, se debe ajustar la formación vial a la adquisición de los conocimientos, aptitudes, habilidades y comportamientos necesarios de transitabilidad vial.

La educación vial, persigue la formación del comportamiento del ciudadano en el uso de las vías públicas, un adecuado comportamiento vial, materializado en un correcto uso de las vías, es una parte más del comportamiento ciudadano que reclama su correspondiente formación educativa, de ahí la justificación de integrar la educación vial en el marco de la educación básica que todo ciudadano debe y tiene el derecho de recibir.

Sin embargo, la educación vial no debe entenderse únicamente como un aprendizaje de normas y señalizaciones de circulación, esta debe ir encaminada a la enseñanza y aprendizaje de los hábitos de seguridad para mejorar la educación en las vías.

2.5 Auditoría de Seguridad Vial

Es una evaluación técnica elaborada por un equipo de auditores especializados en seguridad de carreteras, para determinar aspectos de las infraestructuras que puedan facilitar los accidentes viales o aumentar la severidad de éstos y los conflictos en la operación de vehículos y otros usuarios de la vía.

Estas auditorías se realizan mediante un equipo de trabajo que efectúa una evaluación, del funcionamiento de las carreteras o tramos viales, a través de observaciones en diferentes horas y periodos de operación de la vía, además de observaciones se efectúan mediciones y se toman fotografías, lo que permite analizar el funcionamiento vial y los posibles puntos de conflicto o accidentes potenciales. La auditoría de seguridad vial también se practica como una revisión de diseño geométrico de un proyecto vial a construir, en su etapa de planos y esquemas geométricos, para analizar la infraestructura que se planea construir en una determinada zona, con la finalidad de determinar cambios o ajustes al diseño para que tengan mayor seguridad vial en su futura operación.

2.5.1 Propósito de una Auditoría de Seguridad Vial

El propósito de una auditoría de seguridad vial es generar un informe técnico con recomendaciones de mejoramientos de la seguridad, modificaciones que lleven a prevenir accidentes para reducir la cantidad y severidad de éstos, estos informes deben ser dirigidos a las autoridades del sector del transporte para que se tomen medidas correctivas para el mejor confort de las vías. Deben recordarse que las carreteras brindan un servicio de transporte al público y a la sociedad en general para facilitar las actividades sociales, económicas, culturales, entre muchas otras, el servicio de transporte es importante y fundamental para desarrollar un país.

2.5.2 Beneficios Cuando un Proyecto es Auditado

Entre los beneficios se pueden indicar:

- Reducción de riesgos de accidentes
- Menor severidad en efectos de accidentes en la ruta auditada
- Prevención de riesgos
- Minimizar inversiones en obras de seguridad durante la vida útil del proyecto

2.6 Accidentalidad

A medida que el fenómeno de motorización va incrementándose, con más vehículos y más vías de circulación, también se van incrementando el número de accidentes y es cada vez mayor el interés por conocer las razones de esa inseguridad vial y este conocimiento se adquiere mediante investigaciones. Los responsables de la seguridad vial tratan de descubrir las causas que originan los accidentes de tráfico, el proceso de desarrollo de los mismos y sus consecuencias finales a fin de poder diseñar estrategias de políticas preventivas que permitan reducir su número, o al menos hacer menos graves sus consecuencias, y por tanto incrementar los niveles de seguridad en las vías de circulación. Se puede definir a la accidentalidad como la ciencia que estudia las causas y efectos de los accidentes de tránsito terrestres y propone las medidas adecuadas para disminuirlos.

2.6.1 Tipos de Accidentes de Tráfico

Los accidentes de tráfico suelen ocurrir principalmente por los siguientes factores:

- **Factor humano.** Los factores humanos son la causa del mayor porcentaje de accidentes, pueden convertirse en agravantes a la culpabilidad del conductor, y según el tránsito las causas son:
 - Conducir bajo los efectos del alcohol,(mayor causalidad de accidentes)
 - Realizar maniobras imprudentes
 - Efectuar adelantamientos en lugares prohibidos
 - Desobedecer las señales de tránsito

- Circular por el carril contrario(en curva)
- Conducción con exceso de velocidad
- Fatiga del conductor
- **Factor mecánico.**
 - Vehículo en condiciones no adecuadas para su operación
 - Mantenimiento inadecuado del automóvil
- **Factores climatológicos.**
 - Niebla, humedad, derrumbes, zonas inestables, hundimientos
- **Factores relacionados con las barreras de seguridad.**
 - Condiciones de las vías (grietas, huecos, obstáculos sin señalización)
 - Sistemas colocados muy cerca de la calzada de las vías
 - Barreras con terminaciones peligrosas después de ser colisionadas (las cuales no deberían estar dispuestas).

2.6.2 Índices de Accidentalidad

Las instituciones encargadas de las carreteras, deberían proponer un plan de rutina de vigilancia en las carreteras, con el objetivo de reducir la accidentalidad en las vías, generalmente donde existan altos desplazamientos de tráfico y eventuales siniestros de accidentes.

En la siguiente tabla N°5 se ilustran datos de los últimos años a nivel Nacional de los accidentes por diferentes situaciones en las carreteras del país, estos datos son los registros del tránsito de la policía Boliviana a nivel nacional.

Tabla N°5: Número de accidentes en el país por departamentos.

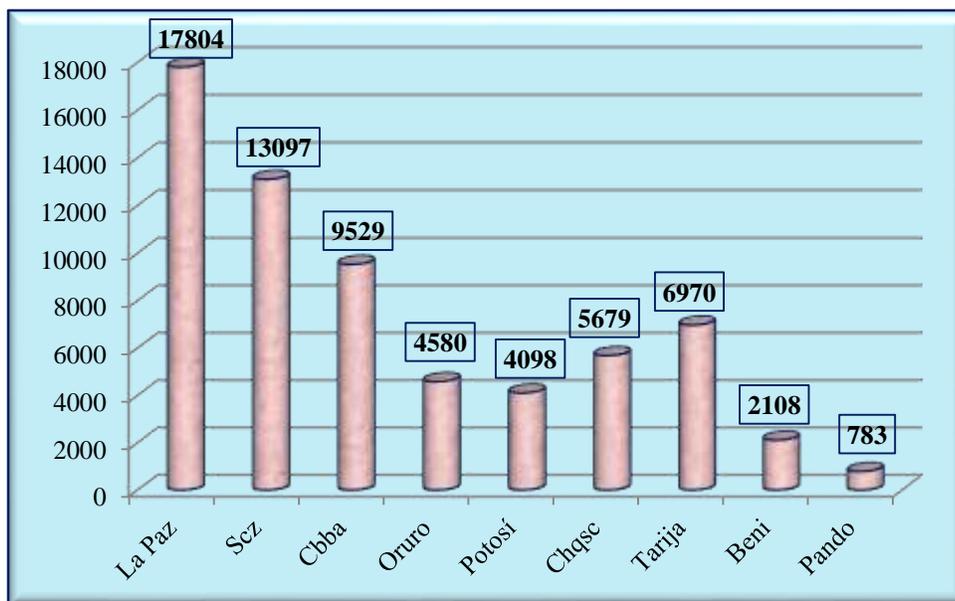
Bolivia, periodo 2010-2014

LA PAZ	SCZ	CBBA	ORURO	POTOSI	CHQSC	TRJ	BENI	PANDO	TOTAL
17804	13097	9529	4580	4098	5679	6970	2108	783	98728
28	20	15	7	6	9	11	3	1	100%

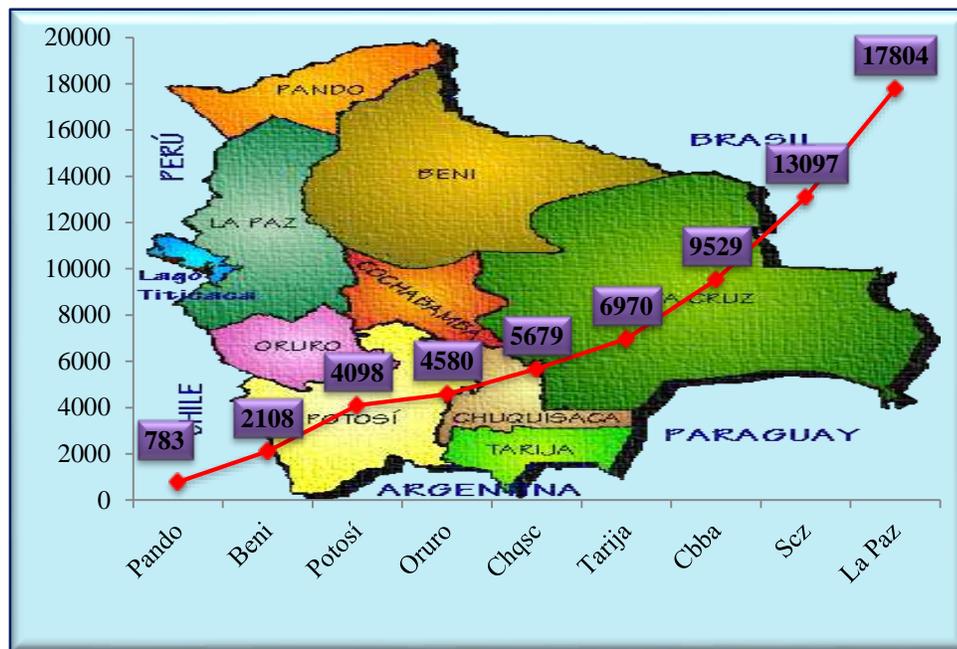
Fuente: Elaboración en base a datos de la Policía Nacional

Gráfica N°1: Gráfica de los accidentes en el país por departamentos.

Bolivia, periodo 2010-2014



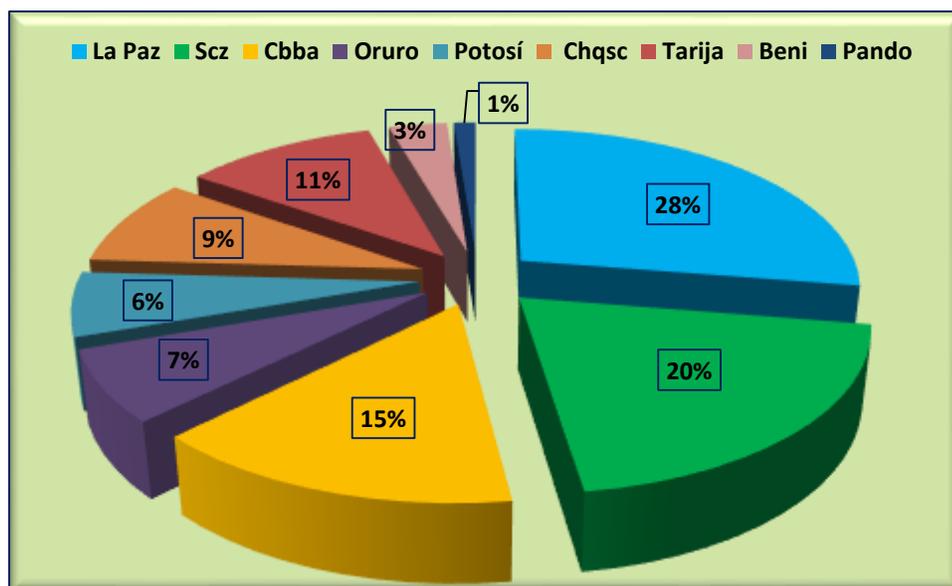
Fuente: Elaboración en base a datos de la Policía Nacional



Fuente: Elaboración en base a datos de la Policía Nacional

Gráfica N°2: Porcentajes de accidentes por departamentos.

Bolivia, periodo 2010-2014



Fuente: Elaboración en base a datos de la Policía Nacional

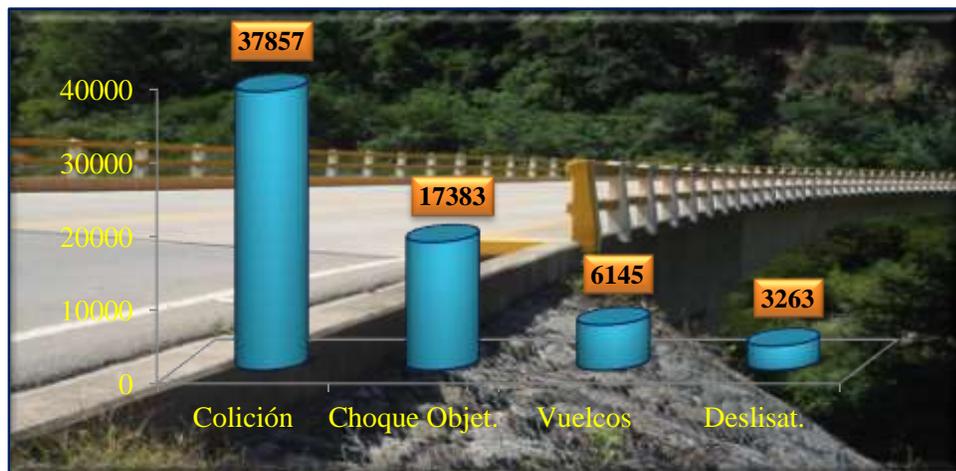
Tabla N°6: Cantidad de accidentes según la clase, periodos 2010-2014

Clases de accidente	Total
Colisión	37857

Choque a Objeto fijo	17383
Vuelcos	6145
Deslizamientos	3263

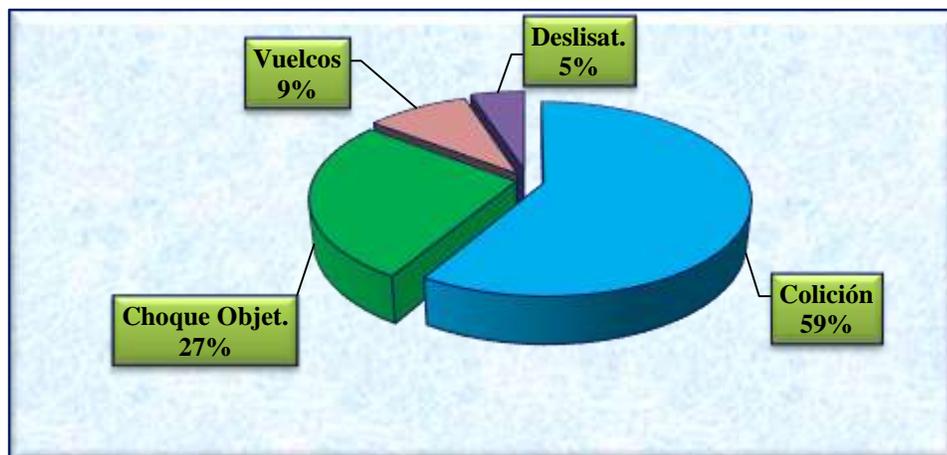
Fuente: Elaboración en base a datos de la Policía Nacional

Gráfica N°3: Accidentes según la clase, periodos 2010-2014



Fuente: Elaboración en base a datos de la Policía Nacional

Gráfica N°4: Porcentajes de los accidentes según la clase, periodos 2010-2014



Fuente: Elaboración en base a datos de la Policía Nacional

Los accidentes de tránsito en los últimos años alcanzaron, según registros de la policía Nacional un alto índice de crecimiento en el país. Los departamentos de La Paz, Santa Cruz y Cochabamba representan el 63% de estos hechos. De acuerdo al registro policial en el año 2014 se atendieron un mayor número de casos, notando claramente el incremento de los accidentes.

Así mismo, en los últimos años, respecto a la clase de accidente, ocupan un primer lugar las colisiones, en un segundo lugar el choque a objetos fijos y un tercer lugar a los vuelcos.

2.6.3 Situación de Accidentes en las Vías

En cuanto al manejo de cifras y estadísticas de accidentes viales, la información existente no se analiza y no se aprovecha para conocer que está pasando mediante un método analítico. Muchos de los accidentes viales se acumulan en archivos de papeles que no son debidamente analizados (al menos para los años 2010-2014). Muchos de los accidentes no se logran ubicar con precisión debido a las direcciones confusas o por que requieren de comprobación de ubicación en las carreteras. Las estadísticas que se manejan en el país no responden a un sistema riguroso de análisis estadístico, lo cual no permite saber con certeza como anda y como cambian los índices de accidentes, año con año y ruta por ruta.

El implementar un sistema de monitoreo de las carreteras regionales y nacionales, daría un resultado satisfactorio para la seguridad vial, sin embargo, por la carencia y no

implementación de la referenciación satelital de los accidentes viales, no se puede lograr con rapidez la identificación de los tramos que tienen mayores índices de accidentes en la red vial nacional.

CAPÍTULO III. APLICACIÓN PRÁCTICA

3.1 Ubicación del área de estudio

La evaluación de barreras longitudinales se realiza mediante la recolección de datos en sitio.

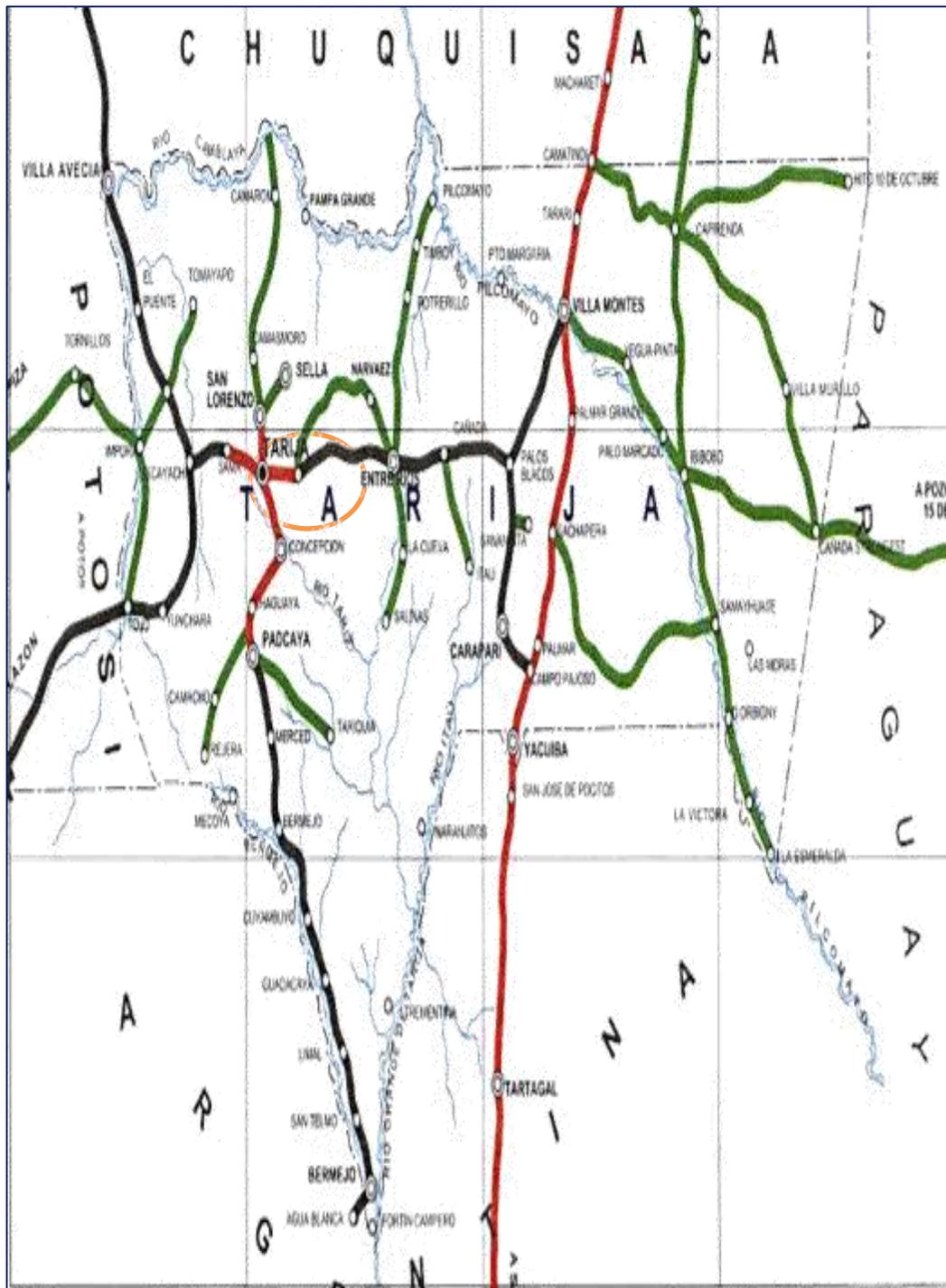
El área de estudio se encuentra ubicada en el Departamento de Tarija, que corresponde a la carretera Tarija –Bermejo que involucran a las provincias Cercado y Arce respectivamente, más concretamente es una de las rutas fundamentales que pertenece al Departamento de Tarija.

FiguraN°9: Ubicación del área de estudio



Fuente: imagen de la página web: www.google.com

Figura N°10: imagen satelital de la zona de estudio



Fuente: imagen de la pagina web: www.google.com

3.2 Reconocimiento del área de estudio

zona de pendientes pronunciadas



En el reconocimiento del área de estudio se observó variadas situaciones entre ellas éste sistema que no cuenta con la debida reparación donde se visualiza que falta una parte de la barrera la cual puede ser un peligro para los ocupantes de estas vías, tomando en cuenta que esta carreras es una de las más transitadas del Departamento de Tarija.

zona de vegetación y animales



En la inspección a este lugar se observa que el sistema de seguridad se encuentra en una zona de variada vegetación, con árboles grandes además de que en este tramo se presenta una pendiente pronunciada, la barrera protege a los vehículos que transitan por éste sistema para que no se salgan fuera de la calzada, ya que al lado derecho de la carretera existe la presencia del río con un pronunciado desnivel.

zona de vegetación



La barrera de seguridad en esta zona protege a los vehículos que circulan por esta carretera, en este lugar se presenta una quebrada al lado izquierdo de la barrera por lo que es necesario este dispositivo para evitar accidentes, la mayoría de los vehículos transitantes adquieren una elevada velocidad en este sitio.

zona de vegetación



La barrera metálica que se aprecia está protegiendo a los usuarios que transitan por la carretera de un conjunto de árboles que pueden ocasionar graves accidentes en este tramo.

no Bermejo y la presencia de varios árboles y taludes donde en varias ocasiones presentan derrumbes al lado izquierdo llegando hasta el sistema.

zona de clima inestable



El dispositivo de seguridad protege la parte de peligro para los vehículos, se presenta una área donde hay desplazamiento de tierra y erosión por las lluvias, esto presenta un riesgo para los usuarios que circulan por estas vías, se observó que los mismo usuarios se transportan a una velocidad superior a la indicada en los letreros de señalización vertical.



zona de vegetación

Según la información de los trabajadores de las micro empresas que realizan el mantenimiento de un respectivo tramo de esta carretera este sistema sufrió un choque y como se puede observar las autoridades que se encargan de estas vías no cumplen con el mantenimiento y reparación, lo que ocasiona un peligro para los transeúntes del tramo Tarija- Bermejo

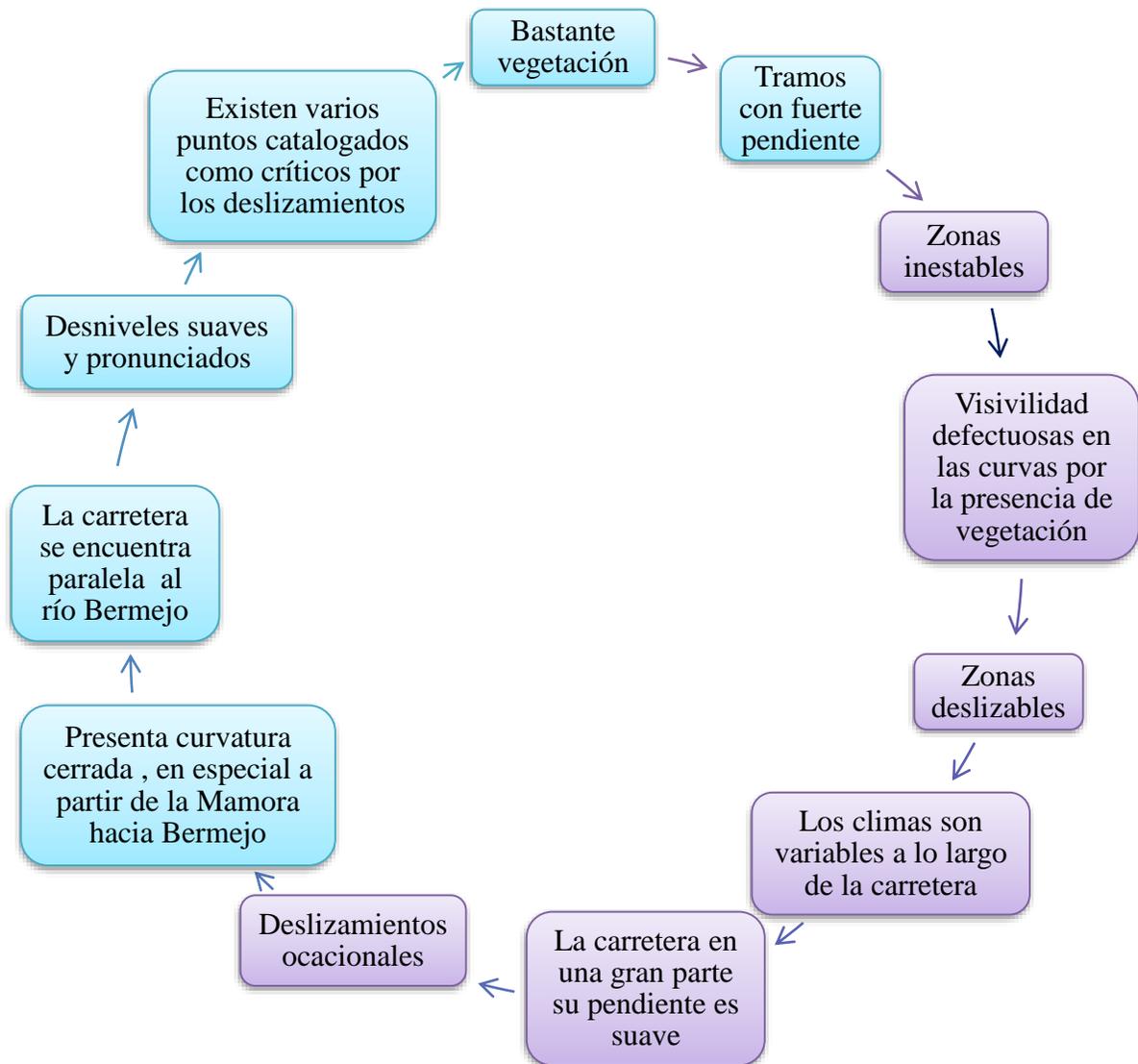
3.3 Características de área de estudio

Antes de proceder a la cuantificación de información de los dispositivos, es necesario contar con la información de la zona de estudio para ello se realiza un reconocimiento del área mediante una visita en sitio de la carretera Tarija – Bermejo identificando los puntos de disposición de las barreras para luego determinar el análisis respectivo de forma ordenada.



zona de vegetación

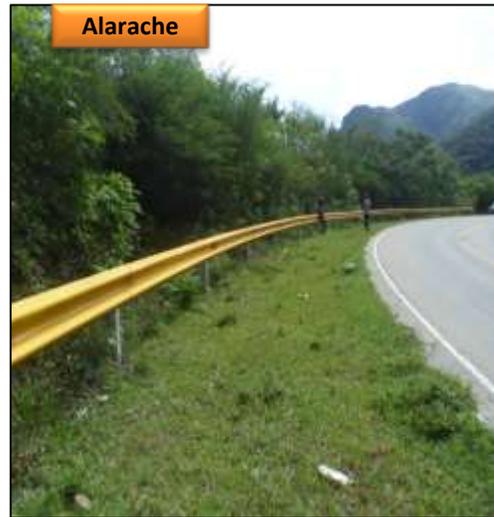
Este desnivel es el que se presenta en el sistema mostrado anteriormente, donde ahora no se dispone con barreras de seguridad para la protección, este es un peligro más que se aumenta a la ruta por falta de seriedad de las autoridades encargadas de caminos.



3.3.1 Ubicación y Clasificación del Lugar

Según la toma de datos de cada uno de los sistemas de seguridad se determinó que la mayor parte donde se disponen las barreras metálicas son los tramos a partir de la comunidad de La Mamora hacia Bermejo, una gran cantidad de éstos están colocados a los costados de la carretera colindando con el desnivel del río Bermejo donde en algunos lugares son profundos estos desniveles y en otros no tanto, en los restos de los tramos existen reducida disposición de sistemas de seguridad por la condición de la vía ya que presentan mayor planicie, más visualización de la vía menos complejidad de pendientes, mayores zonas despejadas por lo que nos brinda menos probabilidad de accidentes. A continuación algunas fotografías a lo largo de la carretera a Bermejo.





Fuente: Ubicación y Clasificación del lugar (fuente de elaboración propia)

3.4 Accidentalidad en la via de estudio

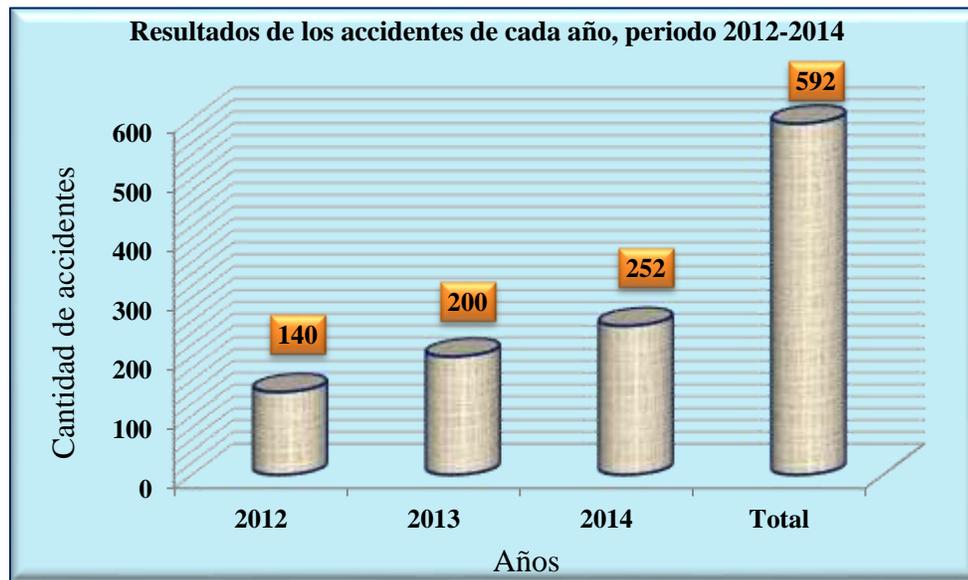
3.4.1 Información de accidentes en la carretera a bermejo

TablaN°7: Accidentes en la carretera a Bermejo, periodo 2012-2014

Accidentes	2012	%	2013	%	2014	%	Total
Colisiones	28	20	29	14	38	15	95
Choque objeto fijo	97	69	146	73	181	72	424
Vuelcos	8	6	14	7	17	7	39
Deslizamientos	7	5	11	6	16	6	34
Total	140	100	200	100	252	100	592

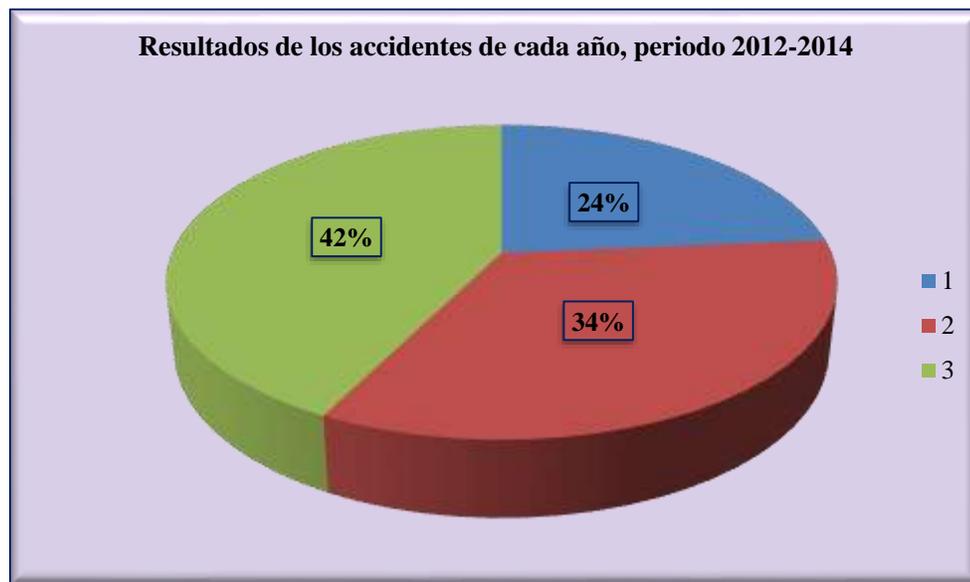
Gráfica y porcentaje de accidentes en la carretera a Bermejo para los tres años de información:

Gráfica N°5: Resultados de los accidentes de cada año, período 2012-2014



Fuente: elaboración propia

Gráfica N°6: Porcentajes de los accidentes de cada año, período 2012-2014

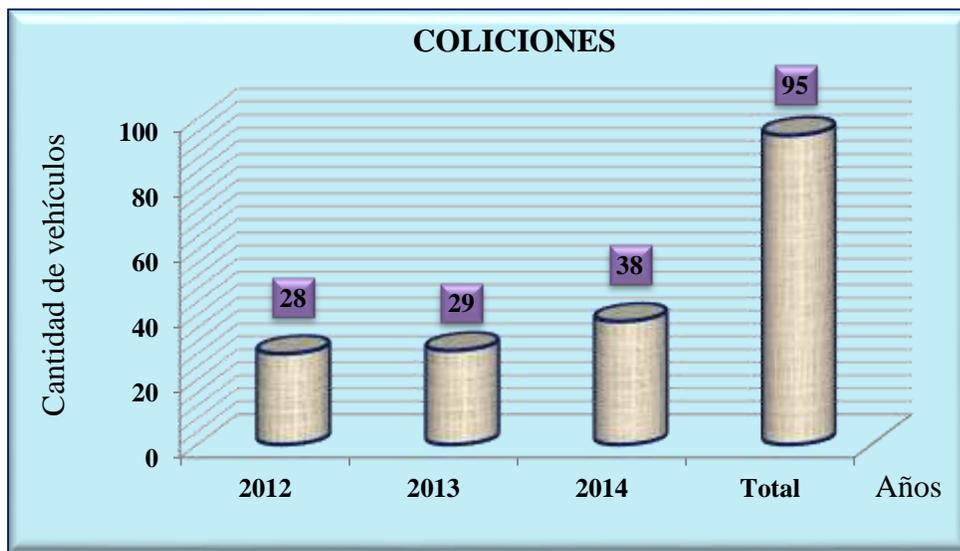


Fuente: elaboración propia

Grafica para cada clase de accidente que se presentaron en los tramos de estudio:

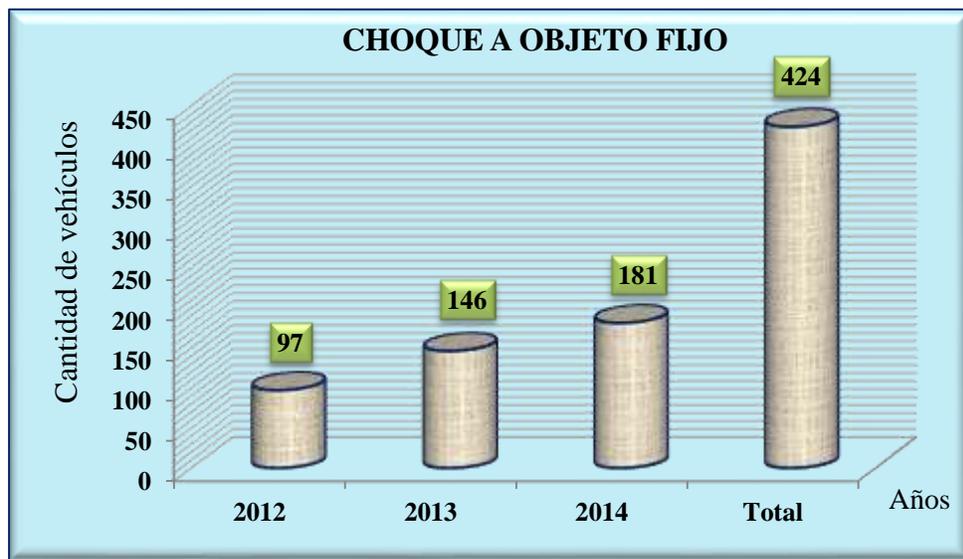
⊙ Colisiones

Gráfica N°7: Gráfica de colisiones, período 2012-2014



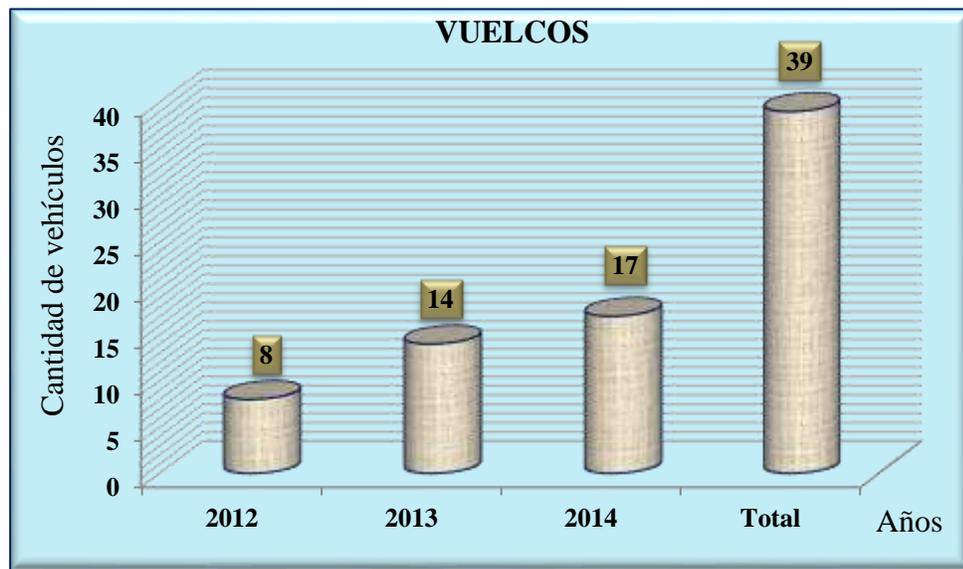
📍 **Choque a objeto fijo**

Gráfica N°8: Gráfica de choques a objetos fijos, período 2012-2014



 **Vuelcos**

Gráfica N°9: Gráfica de vuelcos, período 2012-2014



Ⓢ Dealizamientos

Gráfica N°10: Gráfica de deslizamientos, período 2012-2014

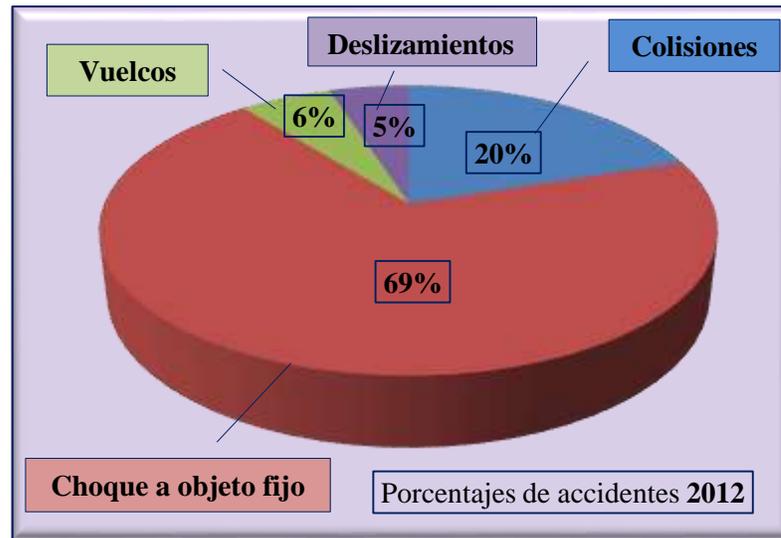


Fuente: elaboración propia

Porcentajes de las clases de accidentes de los periodos 2012-2014:

Período **2012**

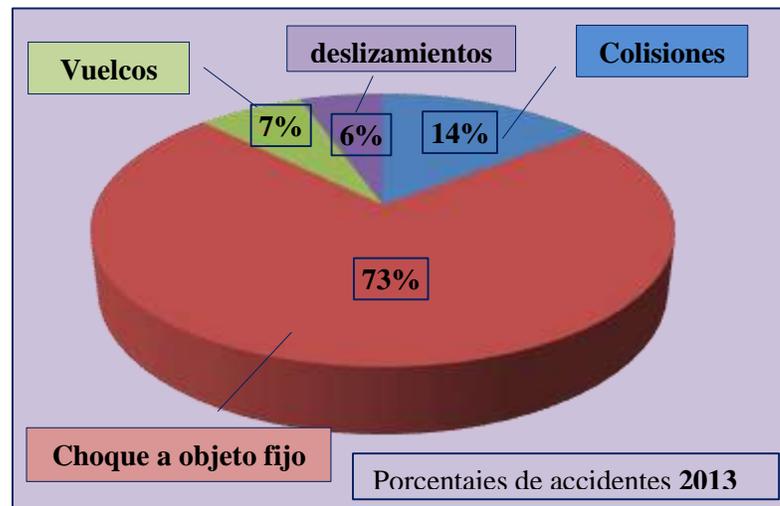
Gráfica N°11: Porcentajes de accidentes, año 2012



Fuente: elaboración propia

Período 2013

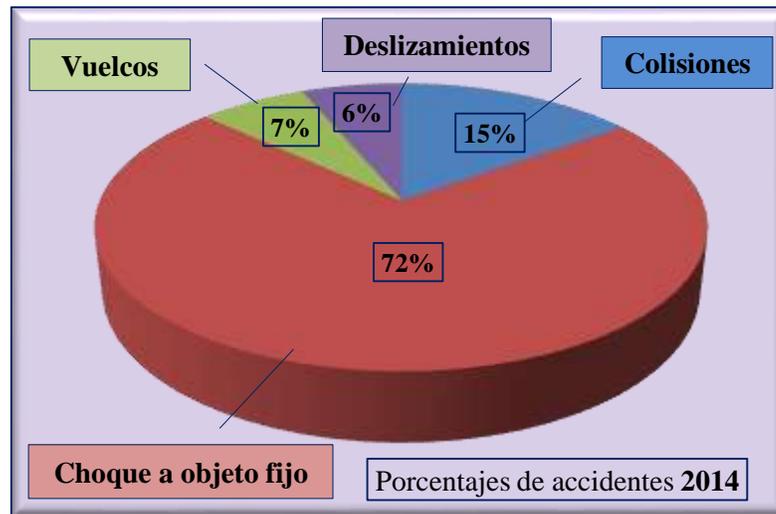
Gráfica N°12: Porcentajes de accidentes, año 2013



Fuente: elaboración propia

Período 2014

Gráfica N°13: Porcentajes de accidentes, año 2014



Fuente: elaboración propia

A medida que el fenómeno de la motorización va incrementándose, con más vehículos y más vías de circulación, también se va incrementando el número de accidentes producidos por la inseguridad vial. El fenómeno del tráfico de vehículos se ha generalizado y extendido de tal manera que puede decirse que forma parte de la vida cotidiana y se ha transformado en una de las expresiones más significativas en la sociedad, los accidentes son un aspecto incuestionable para la seguridad vial porque de él obtienen datos fundamentales sobre cómo y por qué se produjeron estos accidentes y las posibles soluciones para evitar que vuelvan a producirse.

Como se aprecia en los gráficos según datos de la policía departamental de tránsito de Tarija los accidentes fueron creciendo notablemente a lo largo del tiempo en la carretera a Bermejo, esto se debe al constante crecimiento vehicular ya que esta carretera es una de las más transitadas del departamento, donde los resultados muestran un mayor porcentaje de accidentes en los choques a objetos fijos seguidos de las colisiones, vuelcos y deslizamientos.

Según información de tránsito la mayor parte de los accidentes son debido a errores humanos, el mal estado de la calzada y la falta de señalización en la vía. Los principales

errores humanos son: velocidad excesiva, no ceder el paso, distancia de seguridad demasiado reducida, adelantamientos indebidos y otros. Teniendo como resultados que en el año 2012 se atendieron 140 accidentes de tránsito equivalente a un 24% mientras que en el 2014 se presentaron 252 accidentes lo que representa un 42% verificando un ascenso de accidentes del 18% de sucesos ocurridos en la vía a Bermejo, también se informó que el aumento de vehículos pequeños tuvo un crecimiento notable, éstos son los que más accidentes produjeron por no tomar en consideración la señalización que se encuentra dispuesta a lo largo de la carretera, por tanto es necesario buscar un mecanismo de actualización y modernización de la educación vial.

Tabla N°8: Lugar donde se produjeron accidentes

Accidentes período 2012

COLISIONES 2012

FECHA	LUGAR	TRAMO	VEHÍCULO
12/01/2012	San Telmo	Trj-Bjo	Minivan
31/01/2012	Alarache	Trj-Bjo	Camión
06/02/2012	Santa Clara	Trj-Bjo	Minibús
14/02/2012	La Mamora	Trj-Bjo	Camioneta
10/03/2012	Alarache	Trj-Bjo	Minibús
28/03/2012	Cuyambuyo	Trj-Bjo	Minivan
30/03/2012	Rio Negro	Trj-Bjo	Minivan
18/04/2012	Emborozu	Trj-Bjo	Minivan
13/05/2012	Guayabillas	Trj-Bjo	Flota
25/05/2012	Abra de la Cruz	Trj-Bjo	Camión
11/06/2012	Colon	Trj-Bjo	Minivan
16/06/2012	La Merced	Trj-Bjo	Camioneta
30/06/2012	Cachimayo	Trj-Bjo	Minibús
02/07/2012	P. Volcán	Trj-Bjo	Minivan
27/07/2012	Padcaya	Trj-Bjo	Minivan
19/08/2012	Orozas Abajo	Trj-Bjo	Minivan

28/08/2012	Troncos	Trj-Bjo	Minivan
31/08/2012	El Limal	Trj-Bjo	Minivan
16/09/2012	La Goma	Trj-Bjo	Camioneta
21/09/2012	Emborozu	Trj-Bjo	Minibús
28/09/2012	Flor de Oro	Trj-Bjo	Minivan
03/10/2012	Alarache	Trj-Bjo	Minivan
15/10/2012	La Pintada	Trj-Bjo	Minivan
22/11/2012	Cruce del Valle	Trj-Bjo	Minivan
29/11/2012	Balabuca	Trj-Bjo	Minivan
29/11/2012	Ancón	Trj-Bjo	Camión
18/12/2012	El Salado	Trj-Bjo	Flota
26/12/2012	Padcaya	Trj-Bjo	Camioneta

COLISIONES 2012

FECHA	LUGAR	TRAMO	VEHÍCULO
12/01/2012	San Telmo	Trj-Bjo	Minivan
31/01/2012	Alarache	Trj-Bjo	Camión
06/02/2012	Santa Clara	Trj-Bjo	Minibús
14/02/2012	La Mamora	Trj-Bjo	Camioneta
10/03/2012	Alarache	Trj-Bjo	Minibús
28/03/2012	Cuyambuyo	Trj-Bjo	Minivan
30/03/2012	Rio Negro	Trj-Bjo	Minivan
18/04/2012	Emborozu	Trj-Bjo	Minivan
13/05/2012	Guayabillas	Trj-Bjo	Flota
25/05/2012	Abra de la Cruz	Trj-Bjo	Camión
11/06/2012	Colon	Trj-Bjo	Minivan
16/06/2012	La Merced	Trj-Bjo	Camioneta
30/06/2012	Cachimayo	Trj-Bjo	Minibús
02/07/2012	Puente Volcán	Trj-Bjo	Minivan
27/07/2012	Padcaya	Trj-Bjo	Minivan
19/08/2012	Orozas Abajo	Trj-Bjo	Minivan
28/08/2012	Troncos	Trj-Bjo	Minivan
31/08/2012	El Limal	Trj-Bjo	Minivan
16/09/2012	La Goma	Trj-Bjo	Camioneta
21/09/2012	Emborozu	Trj-Bjo	Minibús
28/09/2012	Flor de Oro	Trj-Bjo	Minivan
03/10/2012	Alarache	Trj-Bjo	Minivan
15/10/2012	La Pintada	Trj-Bjo	Minivan
22/11/2012	Cruce del Valle	Trj-Bjo	Minivan
29/11/2012	Balabuca	Trj-Bjo	Minivan
29/11/2012	Ancón	Trj-Bjo	Camión
18/12/2012	El Salado	Trj-Bjo	Flota
26/12/2012	Padcaya	Trj-Bjo	Camioneta

Fuente: Datos de la policía Departamental de Tarija

CHOQUE A OBJETO FIJO 2012

FECHA	LUGAR	TRAMO	VEHÍCULO
06/01/2012	Abra de la Cruz	Trj-Bjo	Minibús
12/01/2012	Padcaya	Trj-Bjo	minivan
18/01/2012	Calamuchita	Trj-Bjo	Minibús
21/01/2012	Alarache	Trj-Bjo	Camioneta
29/01/2012	Candado Chico	Trj-Bjo	Camión
30/01/2012	Cuyambuyo	Trj-Bjo	Minivan
31/01/2012	Paleron	Trj-Bjo	Minivan
07/02/2012	Emborozu	Trj-Bjo	Minivan
08/02/2012	La Merced	Trj-Bjo	Flota
09/02/2012	El Salado	Trj-Bjo	Camión
15/02/2012	La Ventolera	Trj-Bjo	Flota
19/02/2012	Rio Negro	Trj-Bjo	Jeep
24/02/2012	Cachimayo	Trj-Bjo	Minibús
25/02/2012	Emborozu	Trj-Bjo	Minivan
27/02/2012	Cachimayo	Trj-Bjo	Minivan
02/03/2012	Guayabillas	Trj-Bjo	Camioneta
03/03/2012	Cuyambuyo	Trj-Bjo	Minivan
09/03/2012	El Limal	Trj-Bjo	Minivan
14/03/2012	Candado Grande	Trj-Bjo	Camioneta
16/03/2012	Paleron	Trj-Bjo	Flota
19/03/2012	El Limal	Trj-Bjo	Camioneta
22/03/2012	Alarache	Trj-Bjo	Camión
26/03/2012	Colon	Trj-Bjo	Minivan
29/03/2012	Alarache	Trj-Bjo	Minibús
31/03/2012	Guayabillas	Trj-Bjo	Minivan
04/04/2012	Santa Clara	Trj-Bjo	Camión
08/04/2012	El Salado	Trj-Bjo	Flota
10/04/2012	La Merced	Trj-Bjo	Camioneta
13/04/2012	Flor de Oro	Trj-Bjo	Camión
16/04/2012	Alarache	Trj-Bjo	Jeep
19/04/2012	Emborozu	Trj-Bjo	Camioneta
23/04/2012	Guandacay	Trj-Bjo	Camioneta
27/04/2012	La pintada	Trj-Bjo	Minivan
28/04/2012	Calamuchita	Trj-Bjo	Minivan
30/04/2012	Orozas Abajo	Trj-Bjo	Minibús
06/05/2012	El Saire	Trj-Bjo	Minivan
11/05/2012	Padcaya	Trj-Bjo	Minivan
16/05/2012	Alarache	Trj-Bjo	Minivan

Fuente: Datos de la Policía Departamental de Tarija

CHOQUE A OBJETO FIJO 2012

17/05/2012	La pintada	Trj-Bjo	Camioneta
18/05/2012	Santa Clara	Trj-Bjo	Camioneta
24/05/2012	La Ventolera	Trj-Bjo	Minibús
25/05/2012	Alarache	Trj-Bjo	Minibús
29/05/2012	Balabuca	Trj-Bjo	Minibús
29/05/2012	San Telmo	Trj-Bjo	Jeep
30/05/2012	Paleron	Trj-Bjo	Camión
31/05/2012	El Salado	Trj-Bjo	Minivan
31/05/2012	Rio Negro	Trj-Bjo	Flota
01/06/2012	Cruce del Valle	Trj-Bjo	Camión
02/06/2012	Emborozu	Trj-Bjo	Minivan
08/06/2012	Paleron	Trj-Bjo	Jeep
08/06/2012	Cachimayo	Trj-Bjo	Minibús
11/06/2012	La Mamora	Trj-Bjo	Minivan
12/06/2012	Santa Clara	Trj-Bjo	Minivan
17/06/2012	Guayabillas	Trj-Bjo	Minivan
19/06/2012	El Saire	Trj-Bjo	Camioneta
20/06/2012	La Goma	Trj-Bjo	Camioneta
24/06/2012	Abra de la Cruz	Trj-Bjo	Minibús
26/06/2012	Guayabillas	Trj-Bjo	Flota
30/06/2012	Colon	Trj-Bjo	Camioneta
01/07/2012	La Merced	Trj-Bjo	Camión
04/07/2012	Balabuca	Trj-Bjo	Minivan
07/07/2012	Alarache	Trj-Bjo	Minibús
09/07/2012	Guayabillas	Trj-Bjo	Minivan
10/07/2012	Santa Clara	Trj-Bjo	Camión
10/07/2012	El Salado	Trj-Bjo	Flota
14/07/2012	La Merced	Trj-Bjo	Camioneta
15/07/2012	El Limal	Trj-Bjo	Camión
18/07/2012	Cuyambuyo	Trj-Bjo	Jeep
21/07/2012	Guandacay	Trj-Bjo	Camioneta
21/07/2012	Flor de oro	Trj-Bjo	Camioneta
27/07/2012	La pintada	Trj-Bjo	Minivan

28/07/2012	Cruce del Valle	Trj-Bjo	Minivan
30/07/2012	San Telmo	Trj-Bjo	Minibús
03/08/2012	El Saire	Trj-Bjo	Minivan
08/08/2012	Abra de la Cruz	Trj-Bjo	Camioneta
11/08/2012	Cruce del Valle	Trj-Bjo	Minivan

CHOQUE A OBJETO FIJO 2012

26/08/2012	Puente Volcán	Trj-Bjo	Minivan
29/08/2012	Rio Negro	Trj-Bjo	Camioneta
08/09/2012	Santa Ana	Trj-Bjo	Minibús
16/09/2012	Puente Pinos	Trj-Bjo	Minivan
26/09/2012	Calamuchita	Trj-Bjo	Minibús
30/09/2012	San Telmo	Trj-Bjo	Jeep
01/10/2012	Paleron	Trj-Bjo	Camión
11/10/2012	Emborozu	Trj-Bjo	Minivan
15/10/2012	La Merced	Trj-Bjo	Flota
27/10/2012	Cruce del Valle	Trj-Bjo	Camión
29/10/2012	Guayabillas	Trj-Bjo	Minivan
12/11/2012	Orozas Abajo	Trj-Bjo	Jeep
18/11/2012	Cachimayo	Trj-Bjo	Minibús
23/11/2012	La Goma	Trj-Bjo	Flota
27/11/2012	Pintada	Trj-Bjo	Minivan
27/11/2012	Santa Ana	Trj-Bjo	Minivan
06/12/2012	El Saire	Trj-Bjo	Camión
17/12/2012	Alarache	Trj-Bjo	Jeep
20/12/2012	Emborozu	Trj-Bjo	Minibús
26/12/2012	Troncos	Trj-Bjo	Minivan

Fuente: Datos de la Policía Departamental de Tarija

VUELCOS 2012

FECHA	LUGAR	TRAMO	VEHÍCULO
08/01/2012	Balabuca	Trj-Bjo	Minivan
17/04/2012	Padcaya	Trj-Bjo	Minivan
20/07/2012	Cruce del Valle	Trj-Bjo	Camioneta
21/09/2012	Alarache	Trj-Bjo	Minivan
29/10/2012	Candado Chico	Trj-Bjo	Camión
30/11/2012	Emborozu	Trj-Bjo	Minivan
31/11/2012	Paleron	Trj-Bjo	Minivan
07/12/2012	Cuyambuyo	Trj-Bjo	Camión

Fuente: Datos de la Policía Departamental de Tarija

DESLIZAMIENTOS 2012

FECHA	LUGAR	TRAMO	VEHÍCULO
08/03/2012	Alarache	Trj-Bjo	Minivan
19/05/2012	Paleron	Trj-Bjo	Minivan
22/07/2012	La Mamora	Trj-Bjo	Camioneta
21/09/2012	P.Pinos	Trj-Bjo	Minivan
16/10/2012	La Goma	Trj-Bjo	Camión
30/12/2012	Emborozu	Trj-Bjo	Minivan
30/12/2012	El Limal	Trj-Bjo	Minivan

Fuente: Datos de la Policía Departamental de Tarija

Nota: Los accidentes de los dos subsiguientes años se encuentran en los *Anexos 2*

3.5 Planteamiento de las barreras longitudinales metálicas

3.5.1 Disposición de las barreras en el área del proyecto

**Orozas Abajo**

Prog. Inicio= 53+014

Prog. Final= 53+044

Este

punto que corresponde a un principio de curva ubicado en la comunidad de Orozas Abajo, se tiene una barrera doble onda, como se puede apreciar no dispone con el mantenimiento adecuado del sistema también se observa que no hay presencia de árboles altos o demasiado cercanos a la vía que pudiesen otorgar una complejidad extra a este tramo de la carretera.

La situación de peligro en este caso se debe al hecho de que la barrera no cuenta con las condiciones de seguridad, cabe señalar que el extremo de esta barrera ya se ve algo estropeado lo que ayudaría a confirmar su tendencia a no reducir la probabilidad de accidentes. Notándose un extremo que le falta la terminación que es muy importante para estos sistemas y para los usuarios de las vías.



Este punto de la ruta, conocida con el nombre de Rumicancha corresponde a una de las elevaciones más altas de la zona. El problema aquí identificado es la ausencia del terminal de la barrera y la elevada pendiente que se puede visualizar, obsérvese la irregularidad con que la barrera podría absorber un choque ésta no está en condiciones de proteger al vehículo sin embargo podría ser mayor el accidente que se podría causar.



Este sistema de barrera es un perfil doble onda, uno de los lados de la vía se encuentra con problemas de hundimiento de tierra lo que pone en riesgo la barrera misma por la fundación de este sistema, además se puede apreciar en este caso que uno de los extremos de la barrera cuenta con un terminal intacto siendo más seguro ante la posibilidad de un choque lo más parecido a un amortiguador de impacto.



Guayabillas

Prog. Inicio= 65+061
Prog. Final= 65+107

Como se puede apreciar se presenta un extremo en malas condiciones de funcionamiento, poniendo en riesgo los vehículos que transitan por esta carretera, se nota que su terminación se encuentra doblada hacia adentro y el poste idealmente vertical en posición inclinada lo que no debería pasar en estos elementos de seguridad, esta zona por presentar un clima con niebla debería contar con elementos de reflexivos para mejor visualización de la barrera para prevenir un posible accidente.



Parte con inclinación de la ruta que se encuentra en una zona montañosa, se añade el problema que existen árboles altos que pueden alterar la continuidad de éstos por la humedad que se presenta, este puente se caracteriza por su forma en arco como se aprecia en la figura A5 su principal problema es que a sus costados no existen sistemas de seguridad pero existían en un comienzo lo que pone en riesgo a los transeúntes, no cuentan con ningún mantenimiento por lo que muchas veces son más peligrosas estas partes que quedan de ellas.



Alarache

Prog. Inicio= 99+929

Prog. Final= 100+039

Esta ubicación corresponde a la zona de Alarache a un principio de curva que al lado derecho se encuentra un desnivel que colinda con el río Bermejo , dicho kilometraje tiene una barrera doble onda, el paisaje que rodea es de vegetación moderada sin presencia de obstáculos mayores cercanos a la vía que pudiesen otorgar un peligro de accidente, como se aprecia en sistema los extremos están intactos, sin embargo ya sabemos que no es el más apropiado, simplemente el legalmente aceptado por nuestro país y por cierto el más económico.



Este punto también corresponde a Alarache pero en otro lugar de la carretera, el problema aquí identificado es la curva que presenta este tramo lo cual podría pensarse que la mayor peligrosidad estaría en la curva misma, la presencia de una vegetación es un factor de peligro, además de que en este lugar existen taludes inestables que se derrumban cuando el lugar humedece.



Alarache
 Prog. Inicio= 103+051
 Prog. Final= 103+141,5

La zona que se muestra corresponde a Alarache, el sistema se encuentra en condiciones de funcionalidad, sus extremos están en buenas condiciones además de la limpieza de las barreras, es visible lo que brinda una mayor seguridad a los vehículos. No cuenta con las señales defectivas en esta zona es importante por las curvas y por la naturaleza misma, al lado izquierda se encuentra el río y por debajo de ella pasa una alcantarilla de evacuación de agua que cae de los cerros del frente del sistema.



Este punto corresponde a un principio de curva ubicada en la zona de Alarache, se aprecia una barrera de perfil de doble onda. Existe maleza moderada por lo que se puede notar que no hay limpieza en este sistema, la barrera se encuentra dispuesta a lo largo de toda la curva lo que permite seguridad al tráfico que circula no se presentan obstáculos que puedan ocasionar accidentes.



Cuyambuyo

Prog. Inicio= 111+784
Prog. Final= 111+889

La barrera de seguridad se encuentra en el lugar de Cuyambuyo pasando la zona de Alarache, se aprecia que el sistema se encuentra intacto con las terminaciones en “tipo cola de pez” sin embargo las condiciones de limpieza no son las adecuadas, este lugar cuenta con pocos habitantes por lo que en una entrevista con alguno de ellos se destaca un accidente en motocicleta gracias a la barrera ésta la pudo sujetar por lo que evitó que se pasara hasta los árboles e incluso al río ya que éste se encuentra próximo a esta carretera.



En este punto se observa que el sistema de uso nacional se realizan escasas labores de mantención y reparación después de ocurrido un accidente, siendo un peligro aun mayor para los vehículos, como aquí por ejemplo los autos pueden pasar por encima e incluso chocar contra ellas causando graves accidentes, lo que a partir de esto su capacidad de funcionamiento es reducida en uno de sus lados, la señalización vertical está próxima a la barrera lo cual aumenta el peligro si un automóvil perdería el control donde está dispuesta la señalización vertical.



Cuyambuyo

Prog. Inicio= 115+093

Prog. Final= 115+149

Se encuentra una zona de fuerte curvatura, es un sistema de doble onda se observa que la vegetación que se encuentra en el lugar obstaculiza la visión del sistema al anochecer, cuenta con ojos de gato pequeños. Pobladores comentaron que en este tramo cuenta con responsables del mantenimiento de la carretera lo cual incluye limpieza de los elementos que disponga la vía, éstas son micro empresas que dependen de la ABC (Administradora Boliviana de Carreteras) lo que no se cumple como se puede ver.



Este punto corresponde a la comunidad de Emborozu, la barrera es de doble onda dispuesta a lo largo de toda la curva el paisaje que le rodea es una vegetación moderada sin presencia cercanos de árboles a la vía, cabe señalar que los extremos de la barrera se encuentran en perfectas condiciones de funcionamiento ya que el choque de un vehículo contra un extremo de la barrera en malas condiciones resultará en serias consecuencias para los ocupantes ya que los extremos tienen una sección transversal pequeña y rígida que fácilmente pueden penetrar el habitáculo del vehículo durante un choque o causar inestabilidad con probabilidad de vuelco.



Emborozu
 Prog. Inicio= 122+748,5
 Prog. Final= 122+916,5

Este sistema está ubicada en Emborozu, a unos pocos metros se encuentra un cruce carretero llegada lateral a la ruta, obsérvese la irregularidad que presenta el sistema, sufrió un choque y no fue restituida, la curva es bastante larga que se pierde a la vista, cuando se tomaron datos y características de estos elementos se observó que los vehículos levantan una alta velocidad sin tomar en cuenta el peligro que conlleva que al lado izquierdo se encuentra una alcantarilla y un desnivel donde en la parte baja se encuentran bastantes árboles de producción.



En esta ubicación la barrera se encuentra en condiciones de funcionamiento óptimas además cumpliendo las recomendaciones de las normas aunque sin limpieza del sistema, también el problema de los ojos de gato que son pequeños, cuando llueve por las noches es dificultosa el desplazarse por estos lugares sin embargo se pudo observar que se colocaron más señales viales a lo largo de esta carretera.



El Limal
 Prog. Inicio= 128+872,5
 Prog. Final= 128+942,5

Este punto corresponde a un principio de curva ubicado al lado de grandes árboles en dicho kilometraje, se puede apreciar que la barrera fue restablecida una parte de ella pero no fue completo este trabajo, no se realizó el trabajo de pintura ya que la pintura es parte importante de la barreras, estas barreras metálicas son semirrígidas a base de perfiles ondulados en cuyo extremo todas las barreras se les realiza un dobles tipo “cola de pez” que es probablemente el único que existe actualmente en nuestras barreras de contención y que no tiene más que un fin estético sobre los extremos.



Como se observa en este punto que se encuentra ubicado en la comunidad del Limal, el sistema se encuentra en perfectas condiciones de funcionalidad, expedita de vegetación además de la importancia del sistema ya que a continuación existe curvas seguidas lo que dificulta las maniobras a los conductores.





El Limal
 Prog. Inicio= 131+148
 Prog. Final= 131+196,5

En la visita realizada el día 18 de abril del 2015, se llevó a cabo la inspección visual de este sistema de seguridad acompañado de un registro fotográfico, la barrera fue restaurada pero no en su totalidad la falta la pintura y los ojos de gato que tienen que estar sujetos a este sistema de seguridad, su estructura en uno de los extremos se encuentra en malas condiciones, esto hace que al ocurrir un posible accidente la probabilidad de que sea sujeta por la barrera sea mínima.



Aunque no es tan evidente en este punto el riesgo, puesto que la barrera se encuentra casi en la totalidad de la curva y en las mejores condiciones, en la parte posterior se observa que la barrera termina dejando de lado un espacio que a unos pocos metros se encuentra una quebrada a una profundidad considerable, si los vehículos perdieran el control en esta zona las consecuencias serían muy elevadas. La limpieza de las malezas es importante para la visión de los transeúntes lo que brinda un mayor confort para la vista de los ocupantes de las vías.



Troncos
 Prog. Inicio= 137+631
 Prog. Final= 137+671

Este punto de la ruta conocido como Troncos corresponde a una zona de seguidas curvas consecuentes por la topografía que presenta la carretera esta sigue paralela al curso del río Bermejo, obsérvese la irregularidad de la barrera en su extremo, dicha forma se deduce que el vehículo chocó con un costado lo aplastó y se retuvo causando riesgos mínimos y como se puede apreciar los extremos de terminal están intactos, sin embargo cabe mencionar que no es el más apropiado, pero aceptado por las instancias reguladoras de las vías de nuestro medio.



Este punto no cuenta con mantenimiento de pintura, la reposición es importante por la capacidad de corregir la dirección de avance de un vehículo sin control, tiene una visibilidad adecuada y su instalación se encuentra próxima a árboles que pueden resultar peligrosos en las curvas, estos elementos brindan la máxima protección ya que las barreras de protección son indispensables en las curvas pronunciadas como ésta por ejemplo.



Guandacay
 Prog. Inicio= 150+635
 Prog. Final= 150+660

Dispositivo ubicado en la comunidad de Guandacay, el lugar cuenta con bastante vegetación sin reparación del sistema. Estos elementos son de inversión mínima para obtener una moderada seguridad en las carreteras dando solución a varios peligros de la vía como por ejemplo ayudar a no salirse de la calzada y minimizar los fuertes impactos ante posibles obstáculos que presentan los márgenes de las carreteras, éstas pueden presentar inconvenientes cuando por su forma o colocación presentan riesgos para la seguridad vial.



Está ubicado próximo a un cruce a la derecha de la carretera a 30 m aproximadamente, también corresponde a una curva implicando al vehículo a reducir la velocidad con la que llega a este tramo, se trata de una barrera de perfil de doble onda de acero galvanizado con los extremos en terminación tipo cola de pez. La vegetación puede ser un riesgo en caso de no disponer de la barrera de seguridad.



Nogalitos
 Prog. Inicio= 162+201
 Prog. Final= 162+229,5

Este punto se encuentra ubicado en la comunidad de Nogalitos, en el sistema de seguridad se realizó la reparación respectiva, pero como en anteriores casos no se completó ya que falta el pintado respectivo, también se aprecia los ajos de gato que son importantes para la visión nocturna de los conductores.



En la ubicación de este punto de la ruta se observa que el dispositivo se encuentra en condiciones que se podría decir óptimas de funcionamiento, sin embargo la presencia de arbusto es un posible riesgo para los vehículos. A causa del desarrollo automovilístico se debe contar con elementos de mayor seguridad ya que esta carretera es una de las más transitadas del sur del departamento de Tarija.





Nogalitos
 Prog. Inicio= 165+568,5
 Prog. Final= 165+608,5

La disposición de este elemento de seguridad vial cumple con las condiciones mínimas recomendadas a excepción de la distancia que necesita para deflactarse desde la barrera hacia los árboles, los dobles de las terminaciones están correctas, esta barrera se encuentra dispuesta a lo largo de toda la curva ya que ésta es una curva cerrada contra un talud a la derecha de la vía, la vegetación es moderada pero necesita de limpieza para una mejor funcionalidad del dispositivo.



Este sistema se encuentra en la comunidad del Salado, el elemento está en buenas condiciones sus características son las adecuadas, en la visita al tramo se observó la elevada velocidad de los vehículos que pasan por aquí como se trata de una zona que no presenta mucha curva ésta es la razón por lo que los automóviles no bajan la velocidad y toma en cuenta el riesgo de peligro.



Balabuca
 Prog. Inicio= 170+828
 Prog. Final= 170+868

Este punto de la ruta conocida con el nombre de Balabuca corresponde a la segunda sección de la provincia arce del departamento de Tarija, como se puede visualizar el sistema está cumpliendo con la limpieza respectiva y sus condiciones de funcionalidad, en este lugar las personas informaron que éstos tramos cuentan con micro empresas formadas por los mismos comunarios que se encargan del mantenimiento de ciertos tramos que dependen de la ABC, por lo que se pudo verificar que si cumplen con la limpieza de la carretera lo cual es un aporte más al favor de la seguridad.



En namiento
 prácticamente buenas, se aprecia una fuerte pendiente lo que permite que los vehículos tomen precauciones, se observa que la señalización vertical se encuentra muy cerca de la barrera lo que resulta un peligro así también las ramas de los árboles caídos no fueron retirados. Existe mucha vegetación en la zona; al finalizar la barrera se

encuentra un puente dejando una discontinuidad entre el puente y la barrera lo que podría señalarse como un probable peligro para los vehículos.



Prácticamente en este sistema ubicado en la comunidad de la goma no existe ningún mantenimiento, la barrera no cumple con la altura mínima recomendada. Como en anteriores casos falta una parte de la pintura también la naturaleza perjudica al sistema no cuenta con los ojos de gato reflexivos por lo tanto todos estos factores hacen que la barrera pierda capacidad.





San Telmo
Prog. Inicio= 181+713
Prog. Final= 181+738



En la localidad de San Telmo, la barrera no fue reparada desde el choque que se produjo en este lugar según los pobladores donde incluso fallecieron dos personas aun así el sistema sigue sin el mantenimiento respectivo. La vegetación alcanza la altura del dispositivo obstaculizando la vista del sistemas además de no estar pintada con el respectivo color fosforescente amarillo, esta se pierde más aun en la naturaleza, según la disposición en la que se encuentra en este momento el sistema de seguridad es un probable riesgo más en la carretera.



B32**San Telmo**Prog. Inicio= 183+627
Prog. Final= 183+667**B32**

El sistema se encuentra prácticamente cubierto de maleza, lo que no debería pasar en un sistema de protección este debería encontrarse expedito de cualquier obstáculo, los habitantes del lugar como en anteriores zonas comentaron que el lugar cuenta con personal de mantenimiento de estos tramos pero por lo que se ve esto no ocurre con las barreras de seguridad.

Todas las fotografías fueron tomadas en la carretera a Bermejo de la ciudad de Tarija.

3.5.2 Características de las Barreras Metálicas de Seguridad

Todos los sistemas descritos con anterioridad tienen la capacidad de proteger a los vehículos de posibles accidentes, capaces de corregir la dirección de avance de un automóvil sin control, estas procuran dañar en lo mínimo a los vehículos que la impactan también cuentan con una visibilidad adecuada además son las más fáciles de reparar su instalación es sencilla y económica.

Las características de los elementos de seguridad deben ser evaluadas en toda su parte estructural, entre ellos los que se indican a continuación:

Tabla N°9: Datos tomados para la cuantificación de los sistemas de seguridad

N°	DATOS
1	Lugar de ubicación
2	Longitud de la barrera
3	Altura de la barrera
4	Sección transversal de barrera
5	Longitud de onda de barrera
6	N° de pernos para el empalme
7	Baranda de contención
8	Sección del poste de sujeción
9	Ojos de gato para iluminación nocturna
10	Longitud de poste a poste de la barrera
11	Longitud de la barrera a la calzada
12	Pendiente de la barrera %
13	Material del dispositivo acero galvanizado tipo S235 JR según EN-1317

Fuente:
propia

elaboración

Nota: Todas las características de las barreras dispuestas en la carretera Tarija – Bermejo se encuentran en los **Anexos 3** detalladas en cada una de ellas como esta por ejemplo:

Tabla N° 10: Características de cada sistema según el lugar de ubicación

Características de la B1	
Lugar de ubicación	Orozas Abajo
Longitud de la barrera (LB)	38 m
Altura de la barrera (HB)	0,80 m
Sección transversal barrera	0,30 m
Longitud de la onda	0,20 m
N° de pernos	9
Baranda de contención	Perfil de doble onda
Sección del Poste de sujeción	sección tipo C
Ojos de gato	Reflexivos
Longitud de poste a poste	3,80 m
Longitud barrera a calzada	0,50 m
pendiente %	4%

Fuente: Elaboración propia

Todos los sistemas de seguridad dispuestos a lo largo de la carretera a Bermejo son de material de acero galvanizado tipo S235 JR según EN-1317

3.5.3 Condiciones Físicas y Operativas

3.5.3.1 Condiciones Físicas

En la aplicación práctica la disposición de las barreras de seguridad, existe una considerable cantidad de anomalías que se pueden encontrar en campo, por lo que las condiciones físicas de los dispositivos en muchos casos se encuentran en mal estado de funcionalidad como así también en otros casos los sistemas están cumpliendo con su función como se puede ver en las fotografías anteriores.

3.5.3.2 Condiciones Operacionales

VELOCIDAD

En general el término velocidad se define como la relación entre el espacio recorrido y el tiempo en que tarda en recorrerlo. Es decir, para un vehículo representa su relación de movimiento, generalmente expresada en kilómetros por hora.

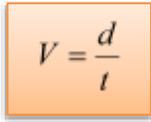
La relación que nos permite determinar la velocidad es la siguiente:

Dónde:

V= Velocidad (km/h)

d= Distancia de recorrido (km)

t= Tiempo de recorrido (h)



$$V = \frac{d}{t}$$

Método de medición

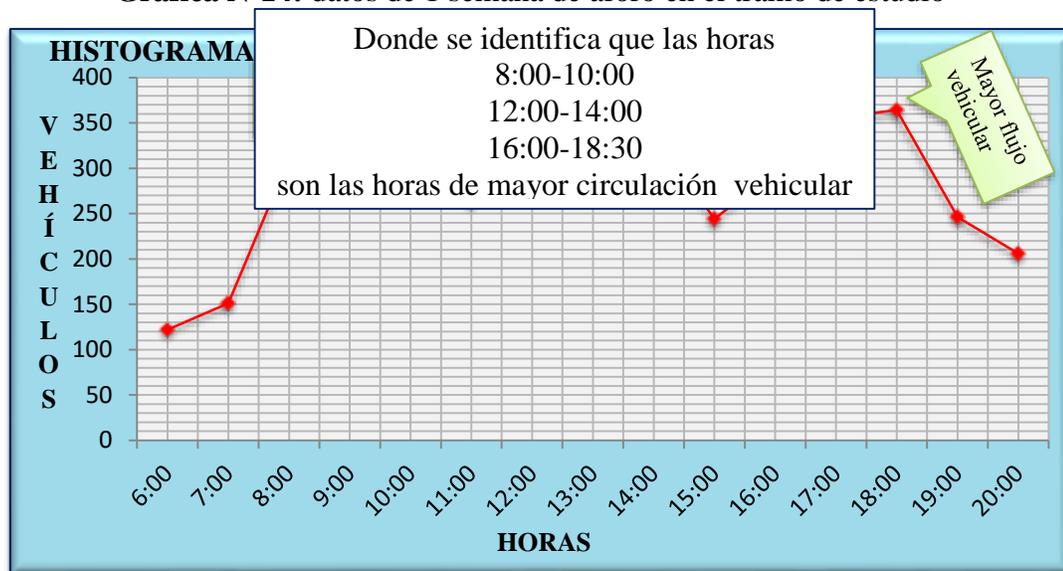
Para la medición de la velocidad en los puntos donde se encuentran los sistemas de seguridad se realizó con el método el cronometro que se describe a continuación.

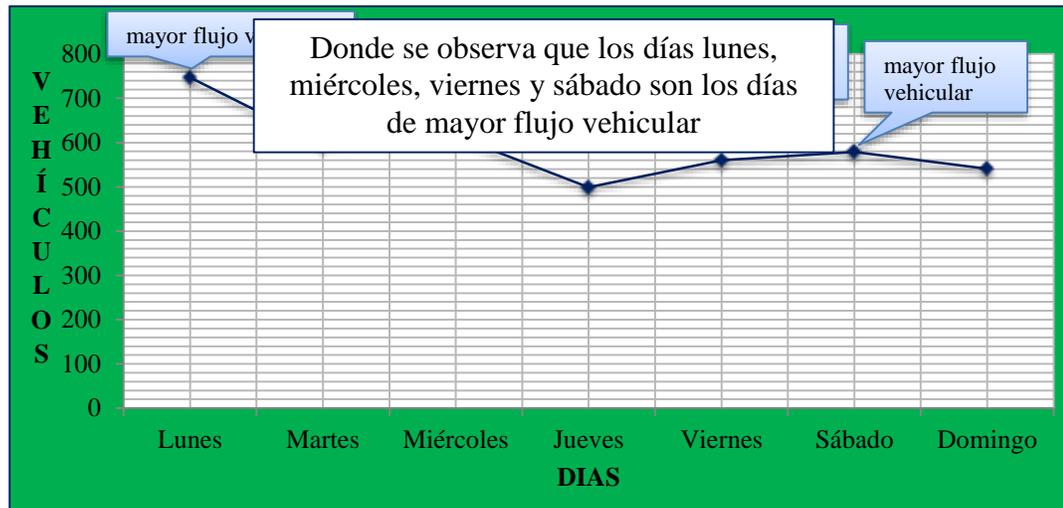
Método del cronómetro

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

Justificación de las horas y los días que se realizaron los aforos para el estudio

Grafica N°14: datos de 1 semana de aforo en el tramo de estudio





Fuente: Elaboración propia (*ver anexo I*)

Tabla N°11: Resultados de velocidades de los vehículos en los sistemas de seguridad

N° de barreras	Lugar	Velocidad de los sistemas
		(km/h)
1	Orozas Abajo	36,3
2	Rumicancha	33,7
3	Guayabillas	51,2
4	Guayabillas	51,3
5	Puente Pinos	54,2
6	Alarache	65,7
7	Alarache	56,0
8	Alarache	81,1
9	Alarache	61,6
10	Cuyambuyo	72,9
11	Cuyambuyo	79,9
12	Cuyambuyo	57,6
13	Emborozu	68
14	Emborozu	72,5
15	Emborozu	35,4
16	El Limal	54,5
17	El Limal	49,5
18	El Limal	62,6
19	El Limal	38,5
20	Troncos	52
21	Guandacay	54,8
22	Guandacay	45,2
23	Desemboque	53
24	Nogalitos	45,8
25	Nogalitos	39,8
26	Nogalitos	51
27	El Salado	45,5
28	Balabuca	57,8
29	La Goma	58,8
30	La Goma	65,4
31	San Telmo	41
32	San Telmo	57,1

Nota: Los cálculos de las velocidades se encuentran en los apartados del *Anexo 4*

▣ VOLUMEN DE TRÁFICO

Se define como volumen de tráfico a la cantidad de vehículos que circulan en una carretera en un periodo de tiempo determinado que normalmente se toma 1 hora o 1 día. Cuando se necesita conocer los volúmenes del tránsito que circulan por una vía, por parte de ella o por un sistema de vías, se realizan estudios sobre volúmenes. Estos estudios emplean como fuente primaria de información recuentos de volúmenes que en la mayoría de los casos se distribuyen convenientemente en tiempo y espacio, a fin de utilizar sus resultados para inducir y deducir nuevos datos. El proceso de inducción consiste en determinar el patrón de volumen de tránsito de una vía con datos obtenidos de recuentos. Luego, aplicando ese patrón a otras vías similares, es posible deducir sus volúmenes correspondientes.

Método de medición

Determinar la cantidad de vehículos ya sean horarios o diarios, es una necesidad dentro de la ingeniería de tráfico por lo tanto desde el inicio de esta ciencia se han buscado métodos que se adecuen a la realidad y a las posibilidades que se tengan. Existe el método manual el cual este trabajo hará uso por lo que se menciona seguidamente.

Método manual

Son aquellos en los cuales se considera que el conteo de vehículos va a ser realizado en forma manual por uno o varios observadores quien en base a una planilla preestablecida realicen el conteo de vehículos en un punto de aforo definido y en tiempos determinados.

La desventaja de este método es que es muy lento, trabajoso y con posibilidades de tener errores personales, además de tener un costo elevado por la cantidad de personal necesario.

La ventaja de este método está en que el aforamiento puede ser más completo y tomando en cuenta varias variables como ser tipo de vehículo, número de ejes, tipo de vehículos por servicio (comerciales, de servicio público, particulares, de carga, etc.).

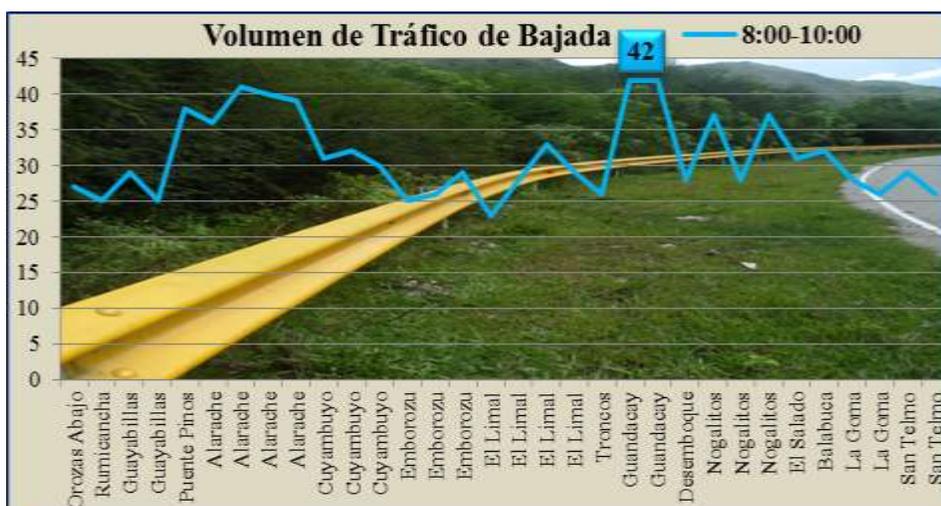
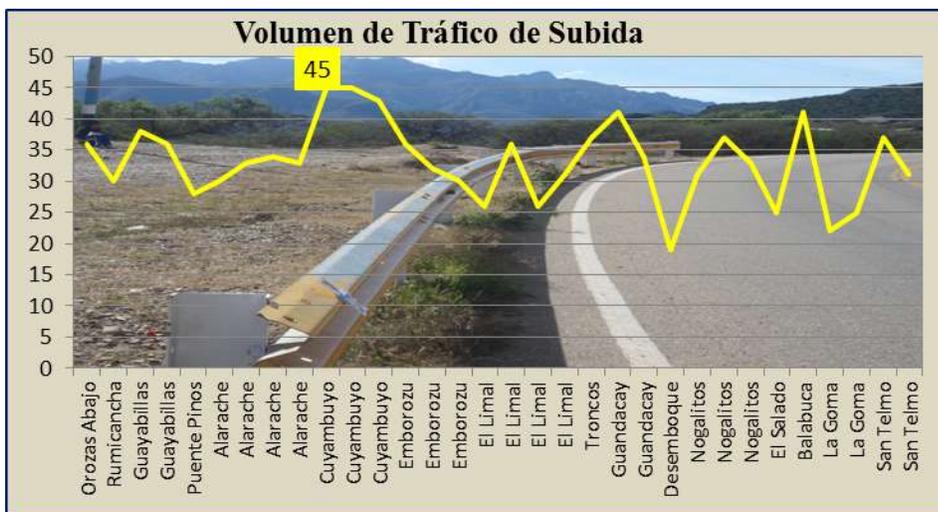
Tabla N°12: Resultados de los aforos en la carretera Tarija- Bermejo

Lugar de ubicación de las barreras	Subida			Bajada		
	Hora					
	8:00 a 10:00	12:00 a 14:00	16:00 a 18:30	8:00 a 10:00	12:00 a 14:00	16:00 a 18:30
Orozas Abajo	36	32	41	27	41	36
Rumicancha	30	29	39	25	38	35
Guayabillas	38	43	26	29	27	39
Guayabillas	36	40	30	25	32	36
Puente Pinos	28	44	37	38	36	44
Alarache	30	42	37	36	31	41
Alarache	33	46	29	41	36	25
Alarache	34	45	27	40	34	27
Alarache	33	45	24	39	32	27
Cuyambuyo	45	27	21	31	25	28
Cuyambuyo	45	31	22	32	25	26
Cuyambuyo	43	25	21	30	26	24
Emborozu	36	21	26	25	36	20
Emborozu	32	20	23	26	29	17
Emborozu	30	36	28	29	39	30
El Limal	26	37	26	23	37	43
El Limal	36	24	31	28	29	45
El Limal	26	41	21	33	22	19
El Limal	31	33	22	29	28	20
Troncos	37	21	23	26	31	21
Guandacay	41	25	23	42	31	21
Guandacay	34	20	26	42	29	29
Desemboque	19	20	26	28	23	20
Nogalitos	31	23	41	37	33	42
Nogalitos	37	26	34	28	31	36
Nogalitos	33	24	35	37	31	32
El Salado	25	39	21	31	36	22
Balabuca	41	39	29	32	22	16
La Goma	22	34	28	28	18	21
La Goma	25	31	31	26	27	18
San Telmo	37	43	26	29	27	22
San Telmo	31	41	30	26	35	24

Fuente: Elaboración propia

Nota: Los calulos respectivos a estos aforos se encuentran en el apartado de *Anexo 5*

Gráfica N°15: Resultados de los volúmenes de aforo de subida y bajada



Nota: Las demas gráficas se encuentran en el *Anexo 5*

Para identificar en que día de la semana se presentan más vehículos en la carretera se agrupan los datos de todos los lugares como se muestra. Ver *Anexo 5*

Tabla N°13 Volúmenes de aforos en la carretera Tarija-Bermejo

N°	Lugar	Día de aforos	volumen de tráfico total
1	Orozas Abajo	lunes	213
2	Rumicancha	lunes	196
3	Cuyambuyo	lunes	177
4	Cuyambuyo	lunes	181
5	Cuyambuyo	lunes	169
6	Troncos	lunes	159
7	Guandacay	lunes	183
8	Guandacay	lunes	180
9	Balabuca	lunes	179
10	Guayabillas	miércoles	202
11	Guayabillas	miércoles	199
152	Emborozu	miércoles	164
13	Emborozu	miércoles	147
14	Emborozu	miércoles	192
15	Desemboque	miércoles	136
16	La Goma	miércoles	151
17	La Goma	miércoles	158
18	Puente Pinos	viernes	227
19	Alarache	viernes	217
20	El Limal	viernes	192
21	El Limal	viernes	193
22	Nogalitos	viernes	207
23	Nogalitos	viernes	192
24	Nogalitos	viernes	192
25	Alarache	sábado	210
26	Alarache	sábado	207
27	Alarache	sábado	200
28	El Limal	sábado	162
29	El Limal	sábado	163
30	El Salado	sábado	174
31	San Telmo	sábado	184
32	San Telmo	sábado	187

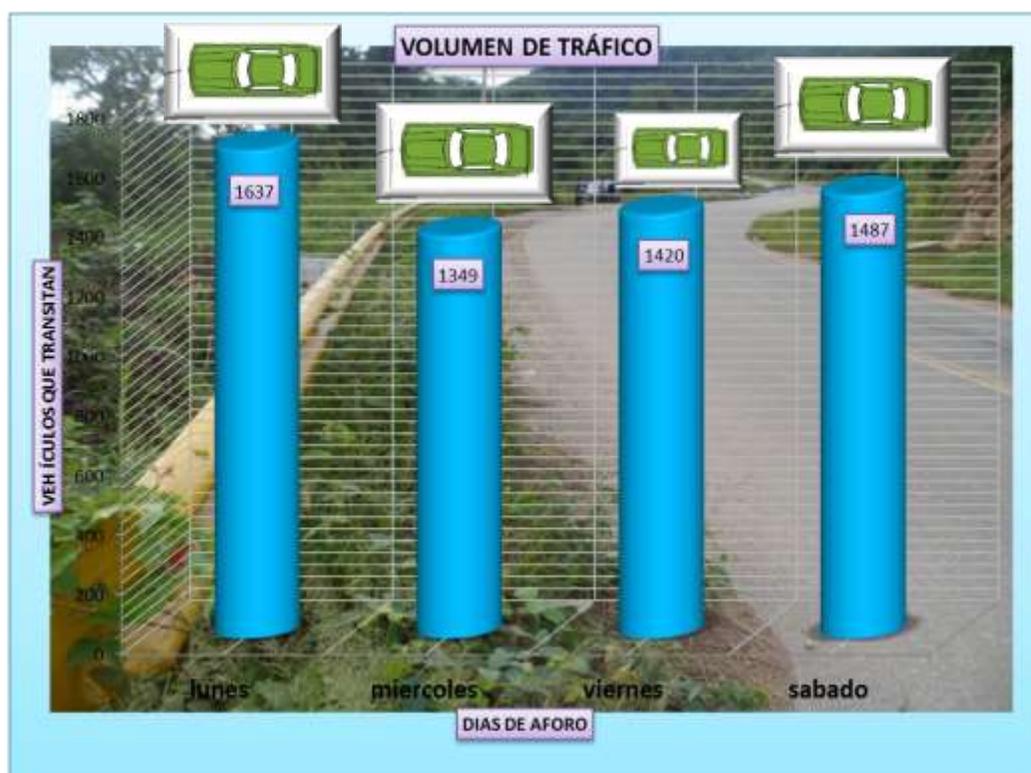
Fuente: Elaboración propia

Gráfica N°16: Gráfica general de los vehículos que recorren la vía Tarija- Bermejo

Día de aforos	volumen de tráfico total
lunes	1637
miércoles	1349
viernes	1420
sábado	1487

Fuente: Elaboración propia

Estos son los resultados de la sumatoria de los días que se realizaron los aforos correspondientes en cada una de las barreras metálicas de seguridad.



Nota: Los aforos finales de los vehículos que circulan por la carretera Tarija- Bermejo. *Anexo 5*

3.6 Proceso y Análisis de los Datos de Campo

Tabla N°14: Nivel de contención para las barreras según la velocidad y el tráfico

N° de barreras	Lugar	Velocidad	Total Vehículos	Nivel de contención
		km/h		EN-1317
1	Orozas Abajo	36,3	213	P3med. alto
2	Rumicancha	33,7	196	P3med. alto
3	Guayabillas	51,2	202	P3med. alto
4	Guayabillas	51,3	199	P3med. alto
5	Puente Pinos	54,2	227	P3med. alto
6	Alarache	65,7	217	P3med. alto
7	Alarache	56	210	P3med. alto
8	Alarache	81,1	207	P3med. alto
9	Alarache	61,6	200	P3med. alto
10	Cuyambuyo	72,9	177	P3med. alto
11	Cuyambuyo	79,9	181	P3med. alto
12	Cuyambuyo	57,6	169	P3med. alto
13	Emborozu	68	164	P3med. alto
14	Emborozu	72,5	147	P3med. alto
15	Emborozu	35,4	192	P3med. alto
16	El Limal	54,5	192	P3med. alto
17	El Limal	49,5	193	P3med. alto
18	El Limal	62,6	162	P3med. alto
19	El Limal	38,5	163	P3med. alto
20	Troncos	52	159	P3med. alto
21	Guandacay	54,8	183	P3med. alto
22	Guandacay	45,2	180	P3med. alto
23	Desemboque	53	136	P3med. alto
24	Nogalitos	45,8	207	P3med. alto
25	Nogalitos	39,8	192	P3med. alto
26	Nogalitos	51	192	P3med. alto
27	El Salado	45,5	174	P3med. alto
28	Balabuca	57,8	179	P3med. alto
29	La Goma	58,8	151	P3med. alto
30	La Goma	65,4	158	P3med. alto
31	San Telmo	41	184	P3med. alto
32	San Telmo	57,1	187	P3med. alto

Nota: La tabla para seleccionar el nivel de contención se encuentran. *Anexo 6*

Tabla N°15: Longitud mínima antes de llegar a la barrera de contención

N° de barreras	Lugar	Vel. de Campo	Vel. Km/h	Lmin.(m) Antes de llegar a la barrera
		km/h	EN-1317	
1	Orozas Abajo	36,3	si < 70	28
2	Rumicancha	33,7	si < 70	28
3	Guayabillas	51,2	si < 70	28
4	Guayabillas	51,3	si < 70	28
5	Puente Pinos	54,2	si < 70	28
6	Alarache	65,7	si < 70	28
7	Alarache	56	si < 70	28
8	Alarache	81,1	si 70-100	48
9	Alarache	61,6	si < 70	28
10	Cuyambuyo	72,9	si 70-100	48
11	Cuyambuyo	79,9	si 70-100	48
12	Cuyambuyo	57,6	si < 70	28
13	Emborozu	68	si < 70	28
14	Emborozu	72,5	si 70-100	48
15	Emborozu	35,4	si < 70	28
16	El Limal	54,5	si < 70	28
17	El Limal	49,5	si < 70	28
18	El Limal	62,6	si < 70	28
19	El Limal	38,5	si < 70	28
20	Troncos	52	si < 70	28
21	Guandacay	54,8	si < 70	28
22	Guandacay	45,2	si < 70	28
23	Desemboque	53	si < 70	28
24	Nogalitos	45,8	si < 70	28
25	Nogalitos	39,8	si < 70	28
26	Nogalitos	51	si < 70	28
27	El Salado	45,5	si < 70	28
28	Balabuca	57,8	si < 70	28
29	La Goma	58,8	si < 70	28
30	La Goma	65,4	si < 70	28
31	San Telmo	41	si < 70	28
32	San Telmo	57,1	si < 70	28

Nota: Las tablas para seleccionar la longitud antes de llegar a la barrera se encuentran. *Anexo 6*

Tabla N°16: Altura que recomiendan las normas EN-1317 y ASSTHO

N°	Lugar	H min. (m)	H min. (m)	Altura H min. de campo (m)	Cumple No cumple
		AASTHO	EN-1317		
1	Orozas Abajo	0,73	0,63	0,80	CUMPLE
2	Rumicancha	0,73	0,63	0,80	CUMPLE
3	Guayabillas	0,73	0,63	0,75	CUMPLE
4	Guayabillas	0,73	0,63	0,75	CUMPLE
5	Puente Pinos	0,73	0,63	0,80	CUMPLE
6	Alarache	0,73	0,63	0,80	CUMPLE
7	Alarache	0,73	0,63	0,80	CUMPLE
8	Alarache	0,73	0,63	0,90	CUMPLE
9	Alarache	0,73	0,63	0,80	CUMPLE
10	Cuyambuyo	0,73	0,63	0,90	CUMPLE
11	Cuyambuyo	0,73	0,63	0,90	CUMPLE
12	Cuyambuyo	0,73	0,63	0,80	CUMPLE
13	Emborozu	0,73	0,63	0,75	CUMPLE
14	Emborozu	0,73	0,63	0,80	CUMPLE
15	Emborozu	0,73	0,63	0,80	CUMPLE
16	El Limal	0,73	0,63	0,80	CUMPLE
17	El Limal	0,73	0,63	0,80	CUMPLE
18	El Limal	0,73	0,63	0,80	CUMPLE
19	El Limal	0,73	0,63	0,80	CUMPLE
20	Troncos	0,73	0,63	0,80	CUMPLE
21	Guandacay	0,73	0,63	0,75	CUMPLE
22	Guandacay	0,73	0,63	0,75	CUMPLE
23	Desemboque	0,73	0,63	0,80	CUMPLE
24	Nogalitos	0,73	0,63	0,80	CUMPLE
25	Nogalitos	0,73	0,63	0,80	CUMPLE
26	Nogalitos	0,73	0,63	0,80	CUMPLE
27	El Salado	0,73	0,63	0,80	CUMPLE
28	Balabuca	0,73	0,63	0,80	CUMPLE
29	La Goma	0,73	0,63	0,60	no cumple
30	La Goma	0,73	0,63	0,60	no cumple
31	San Telmo	0,73	0,63	0,80	CUMPLE
32	San Telmo	0,73	0,63	0,80	CUMPLE
31	San Telmo	0,73	0,63	0,80	CUMPLE
32	San Telmo	0,73	0,63	0,80	CUMPLE

Nota: Las tablas para seleccionar la altura de la barrera. *Anexo 6*

Tabla N°17: Separación entre la barrera y el objeto peligroso de la carretera

Separación entre la barrera y el objeto	Datos de campo de la separación entre la barrera y el objeto		Cumple No cumple
	EN-1317	Lugar	
2,5 m	Orozas Abajo	5	CUMPLE
2,5 m	Rumicancha	3	CUMPLE
2,5 m	Guayabillas	4,8	CUMPLE
2,5 m	Guayabillas	2,3	no cumple
2,5 m	Puente Pinos	0,8	no cumple
2,5 m	Alarache	4	CUMPLE
2,5 m	Alarache	2,1	no cumple
2,5 m	Alarache	2,6	CUMPLE
2,5 m	Alarache	2,1	no cumple
2,5 m	Cuyambuyo	2,2	no cumple
2,5 m	Cuyambuyo	1,8	no cumple
2,5 m	Cuyambuyo	0,8	no cumple
2,5 m	Emborozu	2,8	CUMPLE
2,5 m	Emborozu	1,5	no cumple
2,5 m	Emborozu	3,4	CUMPLE
2,5 m	El Limal	1,7	no cumple
2,5 m	El Limal	1,6	no cumple
2,5 m	El Limal	3,1	CUMPLE
2,5 m	El Limal	1,2	no cumple
2,5 m	Troncos	4,5	CUMPLE
2,5 m	Guandacay	1,4	no cumple
2,5 m	Guandacay	1,3	no cumple
2,5 m	Desemboque	2,8	CUMPLE
2,5 m	Nogalitos	1,5	no cumple
2,5 m	Nogalitos	0,8	no cumple
2,5 m	Nogalitos	2,1	no cumple
2,5 m	El Salado	3,2	CUMPLE
2,5 m	Balabuca	1,2	no cumple
2,5 m	La Goma	2,5	no cumple
2,5 m	La Goma	2,1	no cumple
2,5 m	San Telmo	1,6	no cumple
2,5 m	San Telmo	0,6	no cumple

Nota: Separación mínima del sistema entre un obstáculo y la barrera. *Anexo 6*

Tabla N° 18: Pendientes de los sistemas de seguridad en la carretera a Bermejo

Lugar	Pendiente %
Orozas Abajo	4
Rumicancha	3
Guayabillas	4,5
Guayabillas	4,5
Puente Pinos	3
Alarache	3
Alarache	3
Alarache	4
Alarache	2
Cuyambuyo	3,5
Cuyambuyo	4,5
Cuyambuyo	3
Emborozu	4
Emborozu	3
Emborozu	4
El Limal	4,5
El Limal	1,5
El Limal	3,5
El Limal	3
Troncos	1
Guandacay	3,5
Guandacay	3
Desemboque	3
Nogalitos	4,5
Nogalitos	1,5
Nogalitos	4
El Salado	3
Balabuca	6
La Goma	1
La Goma	4,5
San Telmo	3
San Telmo	3

Fuente: Elaboración propia

El nivel de contención para las barreras de seguridad se clasificó en el nivel P3- Medio Alto, por ser una carretera donde se presenta un transporte público considerable y por la presencia de vehículos de mediano tonelaje, lo que requiere de barreras longitudinales de seguridad, los sistemas semiflexibles son las usadas para estas situaciones.

La longitud mínima antes de llegar a la barrera es muy importante porque determina la posición del elemento, las barreras que se encuentran en el área de estudio varias de ellas no cuenta con esta disposición, quizás por la estrecha topografía de la zona que muchas veces no cumplen con las expectativas de seguridad. Por lo que se recomienda una longitud mínima de 28 m para tramos con velocidades menores a 70 Km/h y 48 m para velocidades entre 70- 100 Km/h, en la tabla 15 la recomendación de los respectivos espacios.

La altura es un factor de mucha importancia, la norma recomiendan 63 cm donde esta recomendación si es cumplida por las barreras en esta carretera a excepción de dos barreras ubicadas en la comunidad de la Goma, una altura insuficiente puede constituir un grave peligro para los ocupantes de un vehículo en caso de choque contra el sistema de contención ya que existe la posibilidad de que produzca un vuelco.

La separación entre el sistema de seguridad y un objeto peligroso tiene por finalidad brindar a la barreras mejor funcionalidad de trabajo al ser impactada por un vehículos esta separación si no se da se presentan inconvenientes o riesgos para la seguridad vial.

En varias de las barreras no cumplen la distancia mínima de 2.5 m porque se evidenció que la señalización vertical se encuentra muy próxima a los sistemas, otros objetos también se disponen como postes de luz, árboles, desniveles y vegetación que se encuentran rodeando los sistemas de seguridad. La situación de algunos de los tramos donde no se cumple esta consideración se debe a la condición de la topografía de la zona donde se observó que es demasiado estrecho la condición de la vía por lo que se dispuso los sistemas de electrificación si o si cerca de la barreras de seguridad.

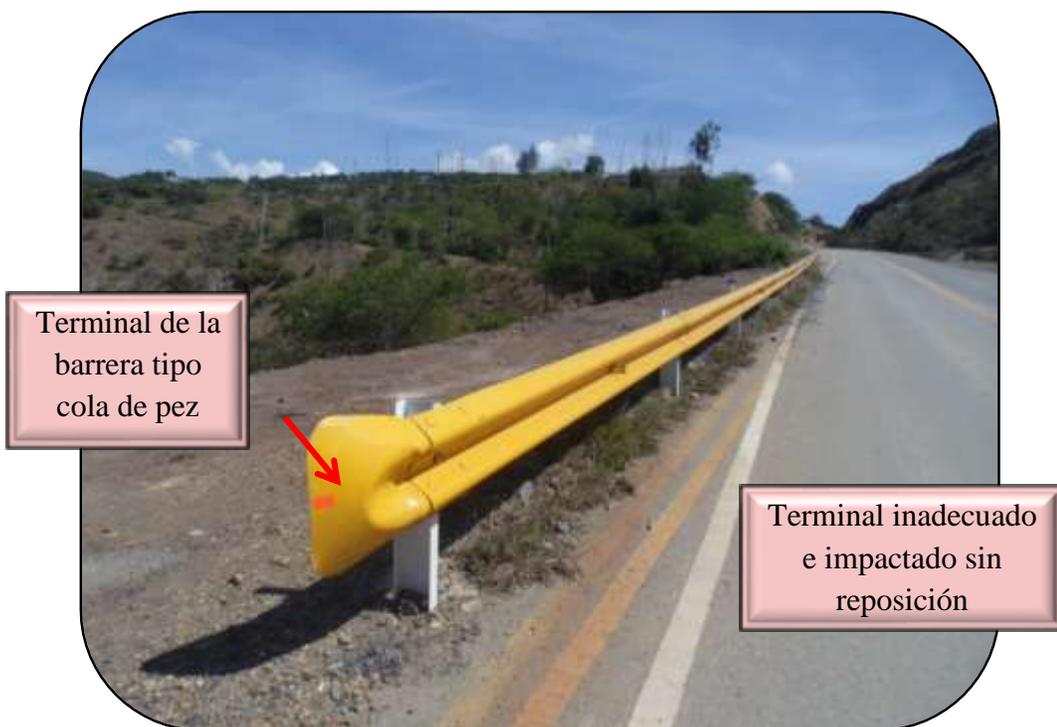
3.7 Análisis de la Propuesta en su Proyección

En el recorrido preliminar de la apreciación general de la carretera se observaron los sistemas de seguridad que complementan la vía, la disposición de los dispositivos y sus elementos que la componen en el que se aprecia que los sistemas cumplen con el debido funcionamiento y disponibilidad en tramos donde evidentemente es necesario su instalación, se pueden detectar en algunos de ellos problemas de visibilidad debido a las malezas que se encuentran al su alrededor, también se pudo evidenciar la no restauración y mantenimiento de estos dispositivos de seguridad ya que a lo largo de la carretera existen 12 sistemas que sufrieron choques que se ubican en Orozas Abajo, Rumicancha, Guayabillas, Puente Pinos, Cuyambuho, Emborozu, El Limal, El Limal, Troncos, Guandacay, La Goma y San Telmo, esto puede ser un peligro más que se añade a la carretera . A continuación se señalan los inconvenientes:

- ✓ Escasas labores de mantención y reparación de los dispositivos
- ✓ Falta de reparación adecuada después de un accidente
- ✓ No cumplen con la totalidad real de funcionamiento
- ✓ No se han instalado dispositivos modernos
- ✓ Falta de sistemas de seguridad en algunos tramos peligrosos
- ✓ Las terminales de los sistemas, todos son con terminación de “cola de pez”
- ✓ En algunos sistemas por la cantidad de maleza que las rodea generan una obstrucción visual para los conductores
- ✓ La instalación en varios de los sistemas se encuentran en proximidades a orillas de quebradas lo que pone en riesgo la fundación de estos elementos

A continuación se muestran el tipo de barrera que se encuentran ubicadas en la carretera a bermejo

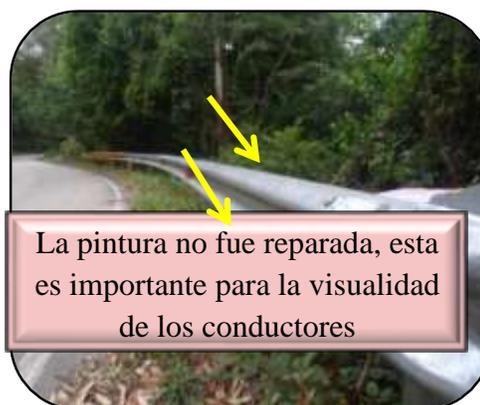
3.7.1 Operación de las barreras metálicas de seguridad en los tramos de estudio







Barreras impactadas sin reposición



La pintura no fue reparada, esta es importante para la visibilidad de los conductores



No dispone de
reparación



Barreras con
elementos de
señalización
fosforescente para
condiciones
nocturnas



La vegetación que se adjunta con el sistema,
perjudica su funcionalidad y su visibilidad



Respecto a los tramos inspeccionados se evidencio la falta de sistemas de protección en algunos puntos estratégicos, que debería disponer al menos de una barrera metálica por la importancia del peligro que representa el lugar. Respecto a los sistemas que se observan en la carretera, corresponden a barreras metálicas semiflexibles a base de perfiles ondulados, en cuyo extremo se les realiza un dobles del tipo cola de pez, que es el único que se aprecia en toda la carretera a bermejo con excepción de una barrera a la altura de Guayabillas que dispone de una terminación de sección mayor a las barandas del elemento. Por lo mencionado en páginas anteriores estas terminaciones solo tiene un fin estético sobre los extremos, se hace evidente entonces la carencia de un diseño adecuado, por lo tanto se debería invertir en sistemas más eficientes que puedan resultar ser un poco más costosos, pero con la posibilidad de resguardar muchas más vidas humanas.

Los siguientes sistemas se presentan como alternativa en los puntos donde no se dispone de estos dispositivos y también en donde si existen ya las barreras, el criterio es la siguiente.

3.7.2 Tramos que necesitan barreras de seguridad en la carretera a Bermejo

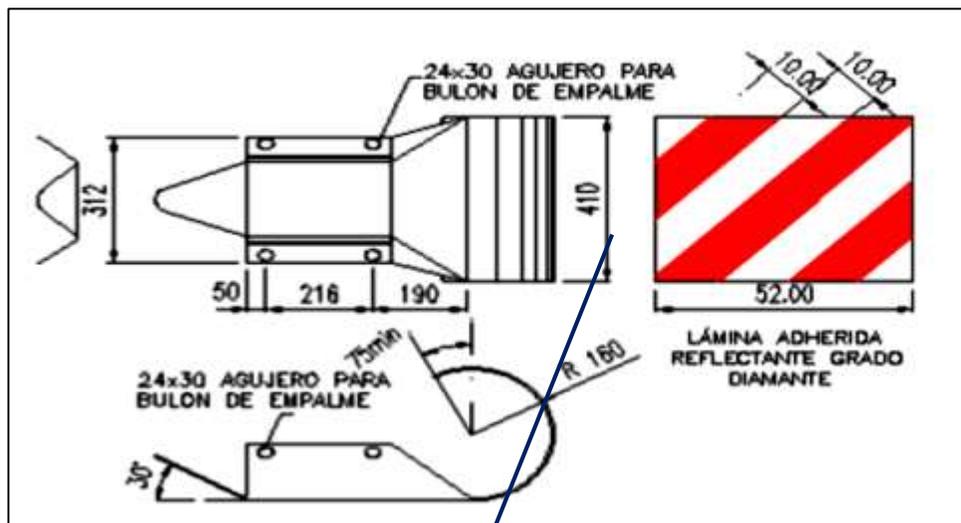
Por la características y condiciones climatológicas que se dispone a lo largo de la carretera a Bermejo este estudio propone la siguientes alternativas de seguridad,

tomando como referencia la primera alternativa para la comparación de los costos de los sistemas de seguridad, manteniendo una reparación constante de los dispositivos al costo que sea necesario, tomar en cuenta el terreno para el incamio de los postes de sujeción para un mejor comportamiento, las barreras tienen que ser monitoreadas por cualquier tipo de mecanismo para su mejor funcionalidad.

Estas son las alternativas propuestas de los sistemas de seguridad, se muestran a continuación:

- Elementos de protección metálicos con señalización reflectiva vertical adjunta a las barreras, con amortiguadores de impacto en su respectiva terminación en situaciones donde el vehículo se encuentre de frente al sistema de seguridad.

Estructura del sistema con terminación en un amortiguador de impacto





Fuente: Imágenes capturadas en la página web www.google.com



Sistemas de seguridad con reflectores de señalización para la mejor visibilidad de los ocupantes de la carretera, además de que las barreras deben estar expeditas de cualquier obstáculo



Por las condiciones tanto climático como topográfico de esta región en particular, se propone esta alternativa de señalización en las barreras metálicas

- Barreras rígidas Tipo muro son elementos prefabricados, cuya función es evitar y proteger caídas en lugares peligrosas, debido a la existencia de importantes desniveles, como puentes pasos elevados, permite controlar con seguridad el impacto del vehículo de modo que este quede junto al elemento de barrera y no rebote hacia otros lugares de la carretera.



Fuente: Imágenes capturadas en la página web www.google.com

- Barreras plásticas de alta resistencia, su función es controlar, proteger y evitar los accidentes automovilísticos y sus beneficios son la durabilidad, resistencia al alto impacto, ligeras para su transporte, se pueden rellenar con agua o arena se pueden manejar en líneas rectas y curvas y se pueden adaptar señales en la parte superior de la barrera.



Fuente: Imágenes capturadas en la página web www.google.com

Las siguientes propuestas brindan mejor seguridad para los ocupantes de la vía ya que estas cuentan con señales reflectoras que dan una mejor señalización visual de las barreras que se encuentran en un determinado lugar donde por seguridad se instaló un dispositivo. Sin embargo mejorar la infraestructura física de la seguridad vial (barreras metálicas de seguridad), proporcionará a la vía mejor confort y seguridad. Hoy en día el tránsito de vehículos ha aumentado por causa del desarrollo de la población, es necesario el mejoramiento de las barreras, sin embargo no debe bastar con hacer reparaciones que favorecen principalmente a los vehículos, si no buscar mejores alternativas de seguridad para estas carreteras que presentan un flujo vehicular en crecimiento.

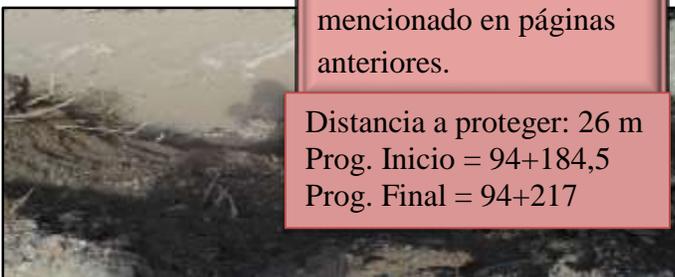
Figura N°11: Imágenes de los tramos que necesitan sistemas de seguridad

Pinos



Este lugar necesita de un sistema de seguridad, por el desnivel que se puede observar, proporcionado de acuerdo a lo ya mencionado en páginas anteriores.

Distancia a proteger: 26 m
 Prog. Inicio = 94+184,5
 Prog. Final = 94+217



Tramo ubicado en **La Mamora**



Disponibilidad de un sistema de seguridad, por el peligro de la zona, para prevenir los posibles accidentes que de ocurrir serian fatales por el desnivel que se puede observar en las imágenes.

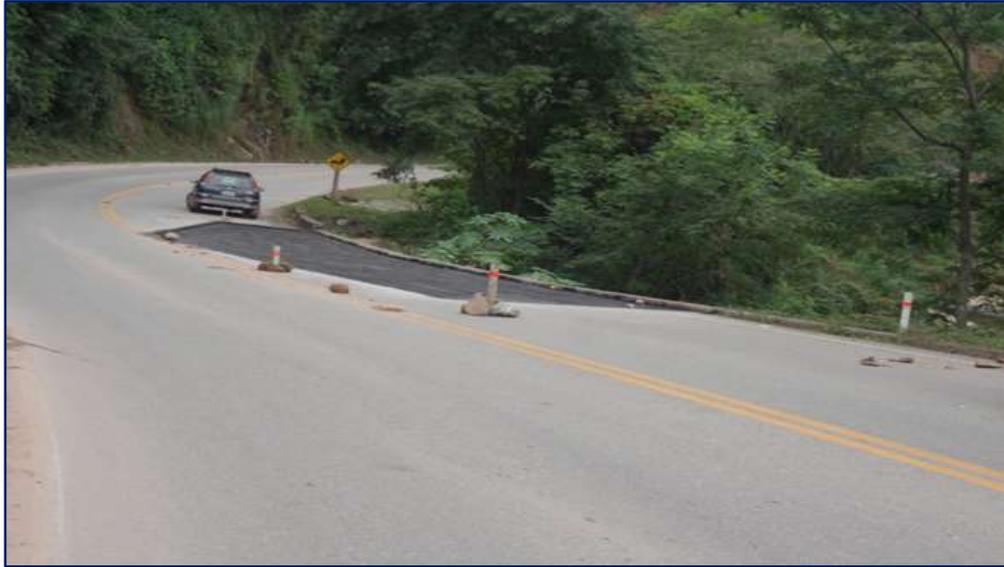


o en el **Alarache**



Se necesita un sistema de seguridad en la parte izquierda de la carretera para proteger a los vehículos del desnivel con el río.

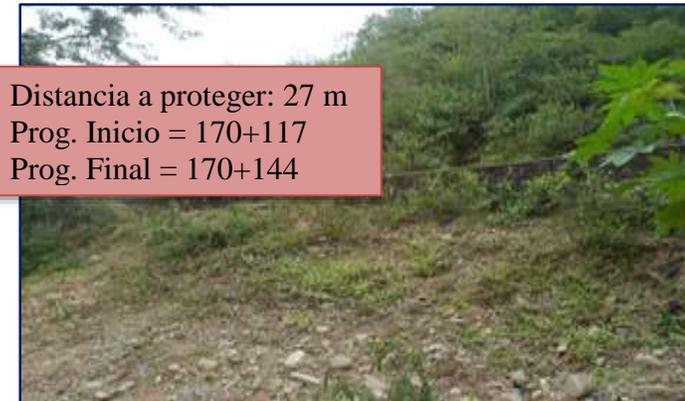
Distancia a proteger: 34 m
Prog. Inicio = 101+246
Prog. Final = 101+280



Accidente en **Balabuca**



El tramo requiere de una barrera por las seguidas curvas que se presentan y por las maniobras que realizan los conductores de los vehículos que no son las adecuadas poniendo en riesgo su integridad



Distancia a proteger: 27 m
Prog. Inicio = 170+117
Prog. Final = 170+144



Tramo ubicado en el **San Telmo**



Por la peligrosidad que representa este tramo por la pronunciada pendiente es necesaria su instalación de un sistema de seguridad para la protección de los vehículos, generalmente para los que viajan hacia la ciudad de Tarija.



Distancia a proteger: 30 m
Prog. Inicio = 180+812
Prog. Final = 180+842



do en **Paleron**

La zona presenta deslizamientos y el clima en épocas de invierno es lluvioso, por estas situaciones la necesidad de una barrera es aceptable con los sistemas reflectivos necesarios para la seguridad vial .





3.8 Costo de los sistemas de seguridad metálicos

El factor económico corresponde a una dimensión importante a considerar a la hora de tomar decisiones, especialmente si se trata el ver la situación del uso o no uso de nuevas tecnologías, comparando el valor de unas con otras y el beneficio que taren estas mismas, con respecto a los sistemas actuales dispuestos.

En las siguientes tablas se muestran los costos referenciales de los sistemas que se encuentran ya instalados en la zona de estudio y los costos de lo propuesto para una mejor eficacia por el estudio, como es de esperar a medida que aumenta la complejidad del sistema, también lo hacen los precios pero estos deben ser considerados ya que se trata de reducir los accidentes de las rutas donde vidas humanas se ven seriamente

perjudicadas por elementos que no haya tenido la capacidad de redireccionar o al menos contener al vehículo de manera apropiada.

Los sistemas propuestos pueden presentar un menor costo de su reposición, al no terminar destruido casi en su totalidad como sucede usualmente con las terminales de defensa que se encuentran en la actualidad.

Tabla N°19: Costos de barreras metálicas instaladas

Material metálico de acero galvanizado				
Costo			Referencia de P.U.	Medidas del sistema
Designación	Unidad	Cantidad		
Terminación tipo cola de pez	pza	1	35 \$	0,30 x 0,35 m
Barrera metálica doble onda	ml	1	17 \$	0,20 m de onda
Ojos de gato	pza	1	5 \$	0,10 x 0,08 m
Postes	pza	1	18 \$	sección C
Pernos	pza	1	2 \$	1 "
total				77 \$

Fuente: www.google.com

Tabla N° 20: Costo de barreras metálicas propuestas

Material metálico de acero galvanizado				
Costo			Referencia de P.U.	Medidas del sistema
Designación	Unidad	Cantidad		
Amortiguador de impacto	pza	1	45 \$	0,50 x 0,40 m
Sistemas verticales reflexivos	pza	1	5 \$	0,15 x 0,15 m
	ml	1	17 \$	

Barrera metálica doble onda				0,20 m de onda
Postes	pza	1	18 \$	sección C
Pernos	pza	1	2 \$	1 "
total				84 \$

Fuente: www.google.com

Sistemas de seguridad vial			Referencia de P.U.	Medidas del sistema
Designación	Unidad	Cantidad		
Barrera rígida tipo muro	pza	1	105 \$	Altura = 60 cm Ancho = 40 cm Longitud = 400 cm
Barrera plástica de alta resistencia	pza	1	120 \$	Altura = 90 cm Ancho = 60 cm Longitud = 300 cm Elemento metálico Material de relleno

Fuente: www.google.com

4 Conclusiones y Recomendaciones

4.1 Conclusiones

- ✓ La situación de las barreras de seguridad en el tramo Tarija-Bermejo cumplen con la disposición en zonas donde se las necesitan, sin embargo algunas de las características físicas se ven afectadas por falta de mantenimiento y reparación de éstas.
- ✓ De acuerdo al trabajo de campo las barreras metálicas en el tramo de estudio, la mayoría cumplen las características de acuerdo a normas tomando como referencia la normativa internacional EN-1317.

- ✓ De acuerdo a la evaluación física de las barreras que se encuentran dispuestas a lo largo del tramo Tarija-Bermejo sólo el 3% cuenta con un tipo de amortiguador de impacto mientras que el 97% cuenta con una terminación con un doblez en forma de cola de pez.
- ✓ De acuerdo a la evaluación operativa de las barreras de seguridad del tramo Tarja-Bermejo, el 95% no cumple con la distancia mínima de deflexión por la presencia de obstáculos, los cuales se encuentran dispuestos muy próximos a estos elementos de seguridad.
- ✓ Se concluye en base a resultados de la evaluación que se deben aplicar el uso de amortiguadores de impacto en las terminales de las barreras en lugares donde el vehículo se perfile de frente con el sistema de seguridad.
- ✓ De acuerdo al inventario se identificó los tramos de inseguridad vial por falta de barreras de protección siendo los sectores de La Mamora, Puente Pinos, Alarache, Balabuca, San Telmo y Paleron insuficientes en barreras de protección.
- ✓ Según información de la policía departamental de Tarija los accidentes en los tres últimos años presentan un 24% para el 2012, 34% para 2013 y un 42% para el año 2014(ver *Anexo2*)
- ✓ De la información de los accidentes proporcionado por la policía departamental de Tarija se destaca que la mayoría de los accidentes fueron ocasionados por los vehículos de transporte liviano.
- ✓ En los resultados del volumen de vehículos, se evidenció que existe un volumen horario promedio de 32 vehículos considerando una alta circulación vehicular notando así el crecimiento del desarrollo vehicular en el departamento de Tarija.
- ✓ El estado de la vía es importante en la seguridad vial, para el tramo de estudio se identificó que en la zona de Alarache la vía se encuentra en malas

condiciones, esta condición hace que el sistema de seguridad tienda a ser más dañado que en lugares donde la vía se encuentra en buenas condiciones.

- ✓ Los costos de referencia de los sistemas de seguridad actuales dispuestos en la vía de estudio es de 77 \$ y de la propuesta es de 84 \$, la diferencia es 7 \$, por tanto no representa un costo significativo al colocar un elemento amortiguador y mejorar la señalización reflectiva para mejores condiciones de seguridad vial.
- ✓ El costo de reparación o reposición de las barreras metálicas que se encuentran en malas condiciones de funcionamiento a lo largo del tramo de estudio es de 2326 \$.

4.2 Recomendaciones

- ✓ Reducir la severidad del impacto colocando sistemas amortiguadores, para proporcionar mayor seguridad vial.
- ✓ En tramos donde se presenten sistemas de seguridad como barreras metálicas es necesario que la vía se encuentre en condiciones óptimas de funcionamiento, para que esto no sea un motivo más de peligro para los vehículos.
- ✓ En vías con alto tráfico vehicular como es el caso de esta carretera se debe realizar un esfuerzo para actualizar los sistemas de seguridad según los resultados y avances tecnológicos.

- ✓ En zonas donde se presentes desniveles y no exista el espacio disponible para la deflexión de la barrera metálica y sea necesario un sistema de seguridad, es recomendable instalar un elemento rígido para su protección ya que éstos permiten controlar el impacto del vehículo de modo que éste quede junto al elemento de barrera.
- ✓ Tras recibir un impacto a plena velocidad un sistema deja de funcionar correctamente hasta ser reparado, por tanto es importante que la reparación o reposición sea sencilla y rápida, para que el punto vuelva a quedar protegido lo antes posible
- ✓ Resaltar el tema de seguridad vial en la agenda departamental de las instituciones encargadas de los caminos, para que se planifiquen e integren trabajos pensando en el servicio de transporte seguro enfocado hacia el ser humano.
- ✓ Para los tramos donde se observaron situaciones de riesgo se recomienda el uso de elementos flexibles con terminación en los extremos de un sistema de amortiguador de impacto
- ✓ Analizar sistemas de seguridad con mayor señalización tanto nocturna como diurna en lugares donde se presente vegetación considerable.
- ✓ Realizar la respectiva reparación y mantenimiento de los dispositivos dañados, y analizar el funcionamiento que realizó la barrera en el momento del accidente, este análisis servirá para mejorar la situación del sistema y brindar una mejor protección a quienes hacen uso de esta vía.
- ✓ Las instituciones encargadas de los caminos a nivel departamental como nacional deberían concientizar a los conductores e informar sobre los sistemas de seguridad en las carreteras, realizando campañas cada cierto tiempo, se podría sugerir ilustrar imágenes de educación vial en los “peajes” que se cobran en los puestos de control que disponen las redes viales.

