

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**  
**Unidad de Posgrado**



**”IMPLEMENTACIÓN DE POLÍTICAS Y TÉCNICAS  
INNOVADORAS DE SEGURIDAD VIAL MEDIANTE LA  
APLICACIÓN DE AUDITORÍAS DE SEGURIDAD VIAL EN  
CARRETERAS NACIONALES”**

**T E S I S**

Para optar el Grado de Maestro en Ciencias con Mención en  
Ingeniería de Transportes

Elaborado por:

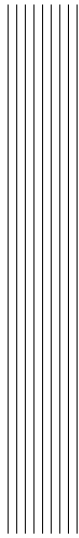
**ULISES HUAMANCHA PAQUIYAURI**

Asesor:

**Dr. Sc. Ing. JOSÉ CARLOS MATÍAS LEÓN**

**LIMA - PERÚ**

**2015**



## DEDICATORIA

*A la memoria de mis hermanos Achmed y Yasser.  
A mis padres, Urbano y Nieves quienes me brindaron  
cariño, valores y anhelos de superación.  
A mis hijos Dasha Helena, Ulises Yashmed y a mi  
compañera Elena, quienes me motivan cumplir esta etapa.*

*”La mayoría de las decisiones para mejorar la seguridad vial se basan en  
la intuición y el juicio (“pragmatismo”), ahora se advierte una tendencia  
hacia las decisiones basadas en hechos y en ciencia (“racionalidad”).  
Esta transición tiene hambre de conocimiento de los hechos y  
de ingenieros viales formados en ellos”.*

*”Ezra Hauer”*



## AGRADECIMIENTOS

Agradecer de manera especial y sincera al *Dr. Sc. Ing. José Carlos Matías León* por admitirme realizar esta tesis bajo su asesoría, por su apoyo y confianza en este trabajo.

A la Universidad Nacional de Ingeniería y a los docentes de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Civil por las lecciones y conocimientos recibidos en mis estudios, que de alguna manera u otra manera aportaron a mi formación.

A la *MSc. Ing. Rocío Espinoza Ventura* y al *MSc. Ing. Edwin Apolinario Morales*, miembros del comité, por sus críticas y recomendaciones que fueron aporte en esta tesis.

A mis padres, hermanos y a mi familia, en los cuales siempre tengo una inestimable ayuda y constante estímulo en mi labor.

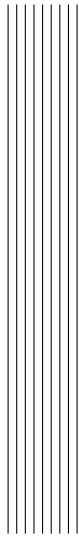
Esta Tesis de Maestría no hubiera sido posible sin el apoyo de todas y cada una de las personas e instituciones que han intervenido en ella, de una forma o de otra, mencionar al *Ing. Mario Guillermo Candia Martínez* y es por ello que para mí no es solo una obligación, sino que es una sincera deferencia expresarles mi mayor y más profundo agradecimiento.

Universidad Nacional de Ingeniería

Lima, Marzo del 2015

*Ulises H.P.*

[ulichp@hotmail.com](mailto:ulichp@hotmail.com)



# Índice

<b>Formato</b>	<b>II</b>
<b>Epígrafe</b>	<b>II</b>
<b>Agradecimientos</b>	<b>III</b>
<b>Índice General</b>	<b>IV</b>
<b>Índice de Figuras y Gráficos</b>	<b>XI</b>
<b>Índice de Tablas</b>	<b>XIV</b>
<b>Resumen</b>	<b>XVI</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>1. PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO</b>	<b>3</b>
1.1. Antecedentes bibliográficos. . . . .	3
1.1.1. A nivel internacional. . . . .	3
1.1.2. A nivel nacional. . . . .	6
1.2. Descripción de la realidad problemática. . . . .	8
1.3. Justificación e importancia. . . . .	11
1.3.1. Justificación. . . . .	11
1.3.2. Importancia. . . . .	13

---

1.4.	Formulación del problema. . . . .	13
1.4.1.	Problema principal. . . . .	13
1.4.2.	Problemas secundarios. . . . .	13
1.5.	Objetivos de la investigación. . . . .	14
1.5.1.	Objetivo General. . . . .	14
1.5.2.	Objetivos Específicos. . . . .	14
1.6.	Hipótesis de la investigación. . . . .	15
1.6.1.	Hipótesis General. . . . .	15
1.6.2.	Hipótesis secundarias. . . . .	15
1.7.	Variables e indicadores. . . . .	15
1.8.	Población, muestra y unidad de análisis. . . . .	16
1.8.1.	Población (N) . . . . .	16
1.8.2.	Muestra (n) . . . . .	16
1.8.3.	Unidad de análisis. . . . .	17
1.9.	Tipo y nivel de investigación. . . . .	17
1.9.1.	Tipo de investigación. . . . .	17
1.9.2.	Nivel de investigación. . . . .	17
1.10.	Periodo de análisis. . . . .	18
1.11.	Fuentes de información. . . . .	18
1.12.	Técnicas de recolección. . . . .	18
1.13.	Instrumentos utilizados. . . . .	19
1.14.	Procesamiento de datos. . . . .	20
1.15.	Limitaciones y Restricciones de la Investigación. . . . .	20
1.16.	Líneas futuras de Investigación. . . . .	20
<b>2.</b>	<b>MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL</b>	<b>21</b>
2.1.	Conceptos Generales. . . . .	21
2.1.1.	Accidentes de tránsito. . . . .	21
2.1.2.	Tipos de accidentes de tránsito. . . . .	21
2.1.3.	Volumen de tránsito. . . . .	23
2.1.4.	Velocidad. . . . .	23
2.1.5.	Densidad. . . . .	24
2.2.	Seguridad Vial. . . . .	24
2.2.1.	Definiciones. . . . .	24
2.2.2.	Factores que contribuyen a los accidentes de tránsito. . . . .	26

---

2.2.3.	Consideraciones generales de Seguridad Vial. . . . .	29
2.2.3.1.	Diseño Geométrico. . . . .	29
2.2.3.2.	Pavimento (Superficie de rodadura). . . . .	30
2.2.3.3.	Señalización Vial. . . . .	31
2.2.3.4.	Gestión de Tránsito. . . . .	32
2.2.3.5.	Mobiliario Vial. . . . .	34
2.2.3.6.	Usuarios de la Vía. . . . .	34
2.2.3.7.	Vehículos en la vía. . . . .	35
2.2.3.8.	Trabajos y mantenimiento de vías. . . . .	36
2.2.4.	Exposición - Riesgo - Severidad. . . . .	36
2.2.4.1.	Exposición. . . . .	36
2.2.4.2.	Riesgo. . . . .	36
2.2.4.3.	Severidad. . . . .	37
2.3.	Auditoría de Seguridad Vial (ASV). . . . .	38
2.3.1.	Definiciones. . . . .	38
2.3.2.	Principales antecedentes internacionales de la ASV. . . . .	39
2.3.2.1.	Orígenes de las ASV. . . . .	39
2.3.2.2.	Experiencias Internacionales de ASV. . . . .	40
2.3.2.3.	Experiencias de ASV en el Perú. . . . .	42
2.3.3.	Etapas para realizar las ASV. . . . .	43
2.3.3.1.	Etapa de Diseño. (Elaboración del Proyecto) . . . . .	44
2.3.3.2.	Etapa de Construcción. . . . .	45
2.3.3.3.	Etapa de Operación (Vías en servicio). . . . .	45
2.3.4.	Aspectos principales a considerar al aplicar ASV. . . . .	46
2.3.5.	Procedimiento de una Auditoría de Seguridad Vial. . . . .	47
2.3.5.1.	Selección del Equipo Auditor. . . . .	47
2.3.5.2.	Recopilación y Entrega de la Información del Proyecto. . . . .	48
2.3.5.3.	Reunión Inicial. . . . .	48
2.3.5.4.	Desarrollo de la Auditoría de Seguridad Vial. . . . .	49
2.3.5.5.	Documentación e Informe de la ASV. . . . .	52
2.3.5.6.	Reunión Final. . . . .	53
2.3.6.	Tramos de Concentración de Accidentes (TCA). . . . .	53
2.3.6.1.	Definición. . . . .	53
2.3.6.2.	Métodos para determinar TCA. . . . .	54

---

2.3.7.	Principales Guías de Auditoría de Seguridad Vial. . . . .	57
2.3.7.1.	Guide to Road Safety Audit - Australia. . . . .	57
2.3.7.2.	Road Safety Audit Guidelines - FWHA - E.E.U.U. . . . .	58
2.3.7.3.	Manual de Inspección de Seguridad Vial de la Red de Carreteras de Andalucía - España. . . . .	59
2.3.7.4.	Directiva 2008/96/CE del Parlamento Europeo. . . . .	59
2.3.7.5.	Guía para realizar una Auditoría de Seguridad Vial-Chile. . . . .	60
2.3.7.6.	Manual de Auditorías de Seguridad Vial - Colombia. . . . .	61
2.3.8.	Listas de Chequeo "Check list". . . . .	62
2.4.	Metodologías del Highway Safety Manual (HSM) con las Auditorías de Seguridad Vial. . . . .	63
2.4.1.	Alcances del HSM. . . . .	63
2.4.2.	Exposición e Índice de accidentalidad. . . . .	65
2.4.2.1.	Exposición promedio (E). . . . .	65
2.4.2.2.	Índice de Accidentalidad (I). . . . .	65
2.4.2.3.	Índice Relativo de Accidentalidad (IR). . . . .	65
2.4.3.	Métodos Predictivos del HSM. . . . .	65
2.4.3.1.	Métodos Predictivos. . . . .	65
2.4.3.2.	Método Empírico de Bayes (EB) . . . . .	67
2.4.4.	Factores de Modificación de Colisiones (CMFs). . . . .	67
2.4.5.	Análisis Costo - Beneficio. . . . .	68
2.5.	Implementación de políticas, técnicas y medidas de Seguridad Vial - modelo "Visión Zero" . . . . .	69
2.6.	Contrastación de Hipótesis. . . . .	72
2.6.1.	Teoría de contrastes. Ideas básicas. . . . .	72
2.6.2.	Etapas de proceso. . . . .	72
2.6.3.	Tipos de Hipótesis. . . . .	72
2.6.4.	Resultados. . . . .	72
<b>3.</b>	<b>DESARROLLO DE LA TESIS</b>	<b>73</b>
3.1.	Metodología de la Investigación. . . . .	73
3.1.1.	Introducción. . . . .	73
3.1.2.	Estudio, comparación de principales modelos de auditorías y propuesta de Metodología Integral para Perú. . . . .	74

---

3.1.3.	Fases de la Auditoría de Seguridad Vial. . . . .	76
3.1.4.	Muestra visual de metodología de ASV para Perú. . . . .	77
3.1.5.	Elección de carreteras nacionales para estudio. . . . .	79
3.2.	Auditoría de la vía Los Libertadores: <i>Caso 1</i> . . . . .	79
3.2.1.	Descripción de la carretera en estudio. . . . .	79
3.2.2.	Estudio de la información estadística. . . . .	80
3.2.2.1.	Volumen de tráfico vehicular. . . . .	80
3.2.2.2.	Accidentes de tránsito en la vía. . . . .	82
3.2.3.	Inspección en Campo. . . . .	84
3.2.3.1.	Trabajos Previos. . . . .	84
3.2.3.2.	Ejecución de la Auditoría de Seguridad Vial. . . . .	84
3.2.3.3.	Equipos tecnológicos utilizados y ensayos de medición. . . . .	86
3.3.	Identificación de Tramos de Concentración de Accidentes (TCA). . . . .	88
3.4.	Identificación de Elementos de Inseguridad Vial (EISV). . . . .	91
3.5.	Identificación de Secciones Homogéneas. . . . .	95
3.5.1.	Sección 01: Zona urbana. . . . .	95
3.5.2.	Sección 02: Tramo sinuoso. . . . .	95
3.5.3.	Sección 03: Tramo recto. . . . .	96
3.6.	Auditoría de la vía en Proyecto: <i>Caso 2</i> . . . . .	98
3.6.1.	Información general de la carretera en estudio. . . . .	98
3.6.2.	Estudio de la información del proyecto. . . . .	99
3.6.3.	Inspección en Campo. . . . .	101
3.6.4.	Identificación de elementos de inseguridad vial(EISV) . . . . .	101
3.6.5.	Identificación de Secciones Homogéneas(SEH) . . . . .	103
<b>4.</b>	<b>Análisis, Resultados y Contrastación</b> . . . . .	<b>104</b>
4.1.	Análisis y resultados de accidentalidad. . . . .	104
4.1.1.	Accidentes de tránsito a nivel nacional. . . . .	104
4.1.1.1.	Parque automotor y la relación con los accidentes de tránsito. . . . .	104
4.1.1.2.	Accidentes de tránsito según causa. . . . .	107
4.1.1.3.	Accidentes de tránsito por departamentos en carreteras y zonas urbanas. . . . .	108
4.1.2.	Accidentes de tránsito en la vía Los Libertadores. . . . .	110
4.1.2.1.	Número de accidentes de tránsito y víctimas. . . . .	110

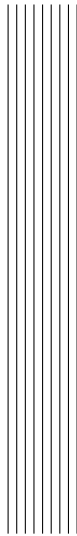


---

4.1.2.2. Índice de Accidentalidad en la vía Los Libertadores.	115
4.1.3. Tramos de Concentración de Accidentes (TCA).	117
4.2. Análisis y Resultados de la Auditoría de Seguridad Vial <i>Caso 1</i> .	122
4.2.1. Análisis de las características geométricas de la vía.	122
4.2.2. Resultados de la identificación de los Elementos de Inseguridad Vial (EISV) y medidas propuestas.	123
4.2.3. Elementos de Inseguridad Vial con mayor frecuencia y riesgo alto.	127
4.2.4. Resultados de ensayos de retrorreflectometría.	129
4.3. Análisis de Efectividad de Mejoras de Seguridad Vial con el Método Predictivo del HSM.	131
4.3.1. Análisis Costo/Beneficio:	131
4.3.2. Selección del tramo a analizar:	131
4.3.2.1. Condición 1: Situación actual de la vía:	132
4.3.2.2. Condición 2: Situación de la vía con 01 mejora:	132
4.4. Análisis de optimización de aplicación de auditorías por etapas, <i>Caso 1 y Caso 2</i> .	134
4.5. Contrastación de Hipótesis.	136
4.5.1. Contraste de hipótesis mediante la prueba t	136
4.5.1.1. Prueba de normalidad	136
4.5.1.2. Prueba t.	137
4.5.2. Estadístico de Tendencia General	137
4.6. Propuestas de mejoras en políticas y técnicas.	138
4.6.1. Acciones sobre la vía.	138
4.6.2. Acciones sobre el vehículo.	138
4.6.3. Acciones sobre el factor humano.	138
4.6.4. Acciones sobre el Factor Institucional.	139
4.7. Propuestas de Innovaciones producto de la tesis.	139
4.8. Aporte de la tesis.	140
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>147</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>147</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>147</b>

---

<b>A. Apéndices</b>	<b>150</b>
A.1. Lista de chequeo con Niveles de Seguridad Vial . . . . .	150
A.2. Fichas de Identificación-Análisis y Mitigación de Elementos de Inse- guridad Vial . . . . .	150
A.3. Data de accidentalidad obtenida de campo . . . . .	150
A.4. Plano General de la vía Los Libertadores . . . . .	150



## Lista de Figuras

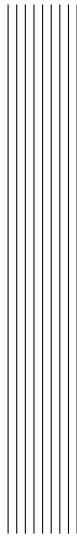
1.1. Accidente de tránsito por " <i>exceso de velocidad</i> " en la vía Los Libertadores.	8
1.2. Accidente de tránsito por despiste y volcadura en la vía Los Libertadores.	9
1.3. Accidente por despiste con volcadura por cuneta en la vía Los Libertadores.	10
1.4. Porcentaje de accidentes de tránsito por región en zona urbana y carretera.	11
1.5. Enfoque integral de factores que contribuyen a la ocurrencia de un accidente.	12
2.1. Accidente de tránsito por despiste y volcadura en el Perú. . . . .	22
2.2. Conjunto de actores y acciones de Seguridad Vial. . . . .	25
2.3. Conjunto de actores, mecanismos y acciones de SV incluyendo al peatón, pasajero y las leyes. . . . .	25
2.4. Factores que contribuyen a la ocurrencia de un accidente. . . . .	27
2.5. Factores que contribuyen a la ocurrencia de un accidente. . . . .	28
2.6. Enfoque integral de factores que contribuyen a la ocurrencia de un accidente.	28
2.7. Situaciones de riesgo en intersecciones urbanas y rurales. . . . .	30
2.8. Combinación de curvas verticales y horizontales, en vías urbanas y rurales.	30
2.9. Superficie de rodadura deteriorada. . . . .	31
2.10. Visibilidad de tachas en la noche, delineadores. . . . .	32
2.11. Señalización vertical preventiva rayada, reglamentaria desgastada, e infor- mativo mal ubicado. . . . .	32
2.12. Límites de velocidad. . . . .	33
2.13. Barreras de seguridad metálicas. . . . .	34

---

2.14. Diferentes usuarios de la vía, educar e informar para mejor seguridad vial. . . . .	35
2.15. Distintos tipos de vehículos en la vía. . . . .	35
2.16. Obreros de Conservación Vial expuestos a riesgo. . . . .	36
2.17. Ciclo de realización de Auditorías e Inspecciones de Seguridad Vial. . . . .	46
2.18. Proceso paso a paso para ejecutar una Auditoría de Seguridad Vial. . . . .	48
2.19. Señalización para indicar tramos de concentración de accidentes. . . . .	54
2.20. Guide to Road Safety Part 6: Road Safety Audit (Austroads). . . . .	57
2.21. FWHA Road Safety Audit Guidelines - Guía de Auditoría de Seguridad Vial- Estados Unidos. . . . .	58
2.22. Manual de Inspección de Seguridad Vial de la Red de Carreteras de Andalucía - España. . . . .	59
2.23. Guía Para Realizar una Auditoría de Seguridad Vial - Chile. . . . .	60
2.24. Manual de Auditorías de Seguridad Vial - Colombia. . . . .	61
2.25. Highway Safety Manual - Estados Unidos. . . . .	63
2.26. Flujograma de Implementación, Seguimiento y Evaluación de Medida i. . . . .	71
3.1. Ilustración de migración de TCAs y modelo de intervención de medidas. . . . .	74
3.2. Muestra visual de la Metodología Integral de ASV propuesto. . . . .	77
3.3. Localización de las vías de estudio en la Red Vial Nacional. . . . .	78
3.4. Tramo elegido para la desarrollo de la Auditoría de Seguridad Vial. . . . .	80
3.5. Distribución del IMD por peajes en la vía Los Libertadores. . . . .	81
3.6. Hitos de inicio Km 0+000(San Clemente) y fin Km 331+000(Ayacucho) . . . . .	84
3.7. Accidente de tránsito ocurrido el día de la inseción de campo, Km 168. . . . .	85
3.8. Muestra de la ubicación de cámara de video. . . . .	86
3.9. Registro de información visual de la vía en estudio. Km 196. . . . .	86
3.10. Medición con inclinómetro de la velocidad segura de recorrido en curvas. . . . .	87
3.11. Ensayos de retrorreflectometría a señal vertical desgastada en campo. . . . .	88
3.12. TCA N° 11, Km 249 - KM 250, con ayuda del registro de información visual. . . . .	90
3.13. EISV en el Km 328+700 (zona urbana Ayacucho). . . . .	93
3.14. EISV en el Km 289+500. . . . .	93
3.15. EISV en el Km 232+200 (zona con altitud > 3800msnm) . . . . .	94
3.16. EISV en el Km 175+500 (zona con altitud > 3800msnm) . . . . .	94
3.17. Sección 01: Zona urbana. . . . .	95
3.18. Sección 02: Zona Sierra Sinuoso. . . . .	96
3.19. Sección 02: Zona altoadina sinuosa. . . . .	96

---

3.20. Sección 03: Tramo recto costa. . . . .	97
3.21. Sección 03: Tramo recto altandina. . . . .	97
3.22. Tramo III, elegido para desarrollo de la Auditoría de Seguridad Vial. . . . .	98
3.23. Sección transversal típica de la vía para zona rural. . . . .	100
3.24. Inicio de Tramo III, para desarrollo de la Auditoría de Seguridad Vial. . . . .	101
3.25. EPs en el Km 85+200 (zona rural). . . . .	103
4.1. Gráfico parque automotor y accidentes de tránsito con proyección 2002-2018.	106
4.2. Grafico número de heridos y muertes por accidentes de tránsito, 2002-2013.	107
4.3. Gráfico de porcentaje de accidentes de tránsito según causa, 2002-2012. . . . .	107
4.4. Gráfico de porcentaje de lesiones por accidentes de tránsito por zona, 2007-12.	109
4.5. Gráfico de porcentaje de accidentes de tránsito por tipología del 2012-2014.	110
4.6. Gráfico del porcentaje de accidentes y víctimas por tipología 2012-2014 . . . . .	112
4.7. Gráfico % de accidentes y víctimas ocurridos en zona de la vía. . . . .	113
4.8. Factores principales de accidentes en la vía. . . . .	114
4.9. Gráfico Índice de accidentalidad según ubicación del Km, 2012-2014. . . . .	115
4.10. Grafico de Índice de accidentalidad de los TCA. . . . .	119
4.11. Evidencia del accidente de tránsito ocurrido el 14/03/2013 en el TCA N° 11.	119
4.12. TCA N° 11, Km 249 - 250, con ayuda del registro de información visual. . . . .	120
4.13. TCA N°11. Km 250 - KM 249, con ayuda del registro de información visual.	120
4.14. Despiste y volcadura en la vía Los Libertadores Km 249, TCA N° 11. . . . .	121
4.15. Valores de retrorreflectividad obtenidos en campo. . . . .	129
4.16. Inspección en campo de noche. . . . .	130
4.17. Hoja de cálculo del Método predictivo Condición 1. . . . .	133
4.18. Hoja de cálculo de Método predictivo Condición 2. . . . .	133



## Lista de Tablas

1.1. Las causas principales de muertes a nivel mundial. . . . .	4
1.2. Variables e Indicadores. . . . .	16
3.1. Comparación entre consideraciones de Seguridad Vial en ASV y propuesta para Perú. . . . .	75
3.2. Flujo vehicular por peajes, período 2007-2013 . . . . .	80
3.3. IMD por peajes, período 2007-2014. . . . .	81
3.4. Accidentes de tránsito en la vía Los Libertadores según tipología, 2012-2014	82
3.5. Accidentes de tránsito en la vía Los Libertadores según Km, 2012-2014. . .	83
3.6. Accidentes de tránsito en la vía según tipo de vehículo, año 2013. . . . .	83
3.7. Identificación y verificación de Tramos de Concentración de Accidentes (TCA) en la vía. . . . .	89
3.8. Elementos de inseguridad vial agrupados en 20 aspectos o consideraciones de Seguridad Vial. . . . .	92
3.9. Hoja de presupuesto programado de la componente de seguridad vial.	100
3.10. Elementos de inseguridad vial agrupados en 16 aspectos de Seguridad Vial en etapa en Proyecto/Contrucción. . . . .	102
4.1. Muertes por cada 10,000 vehículos y por cada 1,000 accidentes, 2002-2013.	105
4.2. Parque automotor con proyección 2014-2018. . . . .	105
4.3. Número de accidentes de tránsito según causa, 2002-2012. . . . .	108

---

4.4. Lesionados por zona y departamentos de accidentes de tránsito 2007-2012.	109
4.5. Accidentes de tránsito en la vía Los Libertadores según tipología, 2012-2014	110
4.6. Número de víctimas según tipología del accidentes, 2012-2014 . . . . .	111
4.7. Zona de la vía de ocurrencia de accidentes y víctimas. . . . .	112
4.8. Factores principales de causalidad de accidentes y víctimas. . . . .	114
4.9. Índice de accidentalidad en la vía Los libertadores según Km, período 2012- 2014. . . . .	116
4.10. Índice de accidentalidad de los Tramos de Concentración de accidentes (TCA)	118
4.11. Secciones homogéneas (SEH) e índice de accidentalidad, 2013. . . . .	122
4.12. Resultados de los Elementos de Inseguridad Vial agrupados por Conside- raciones de Seguridad Vial. . . . .	124
4.13. Análisis y resultados de EISV, de 01(Pavimento) al 07(Sistemas de conten- ción). . . . .	125
4.14. Análisis y resultados de EISV, de 08(Puentes) al 14(Obras en la vía). . . .	126
4.15. Análisis y Resultados de EISV, de 15(Estacionamientos) al 20(Otros). . .	127
4.16. Frecuencia de Elementos de Inseguridad Vial con riesgo alto. . . . .	128
4.17. Resultados de ensayos en campo de retrorreflectancia. . . . .	130
4.18. Medidas y CMFs. . . . .	132
4.19. Cuadro comparativo de beneficios por etapas de aplicación de ASV. . . . .	135
4.20. Prueba de normalidad. . . . .	136
4.21. Estadísticos de muestras relacionadas. . . . .	136
4.22. Correlacionales de muestras relacionadas. . . . .	137
4.23. Prueba de muestras relacionadas. . . . .	137

# Resumen

La presente investigación, referente a la *Implementación de Políticas y Técnicas Innovadoras de Seguridad Vial mediante la Aplicación de Auditorías de Seguridad Vial en Carreteras Nacionales*, se realiza con el fin de proponer una Metodología Integral Innovador de aplicación de Auditorías que sistematizar la data de accidentalidad, identificación de tramos de concentración de accidentes mediante combinación de métodos, empleo de tecnologías de georreferenciación dinámica, comprobación de la efectividad de mejoras de seguridad vial mediante fórmulas predictivas con la estrategia de *Prevención* y reducción de muertes y heridos por accidentes de tránsito.

La metodología empleada es la aplicación de Auditorías para dos casos, Caso 1: Ciclo de operación de la vía Los Libertadores y Caso 2: Ciclo de Inversión (Proyecto) de la vía nacional PE-28B, determinado tramos de concentración de accidentes (TCA) para el caso 1, e identificación de elementos de inseguridad vial (EISV) para ambos casos agrupados en 20 aspectos o consideraciones de Seguridad Vial. Para los elementos de inseguridad vial se ha formulado mejoras para las condiciones de Seguridad Vial detallados en Fichas de identificación-Análisis y Mitigación integradas a las listas de chequeo.

Mediante fórmulas predictivas del Manual de Seguridad Vial (HSM) AASHTO 2010, analizar y verificar la efectividad de las medidas propuestas, ¿cuánto? mejora la Seguridad Vial, analizando las 02 condiciones con y sin medida, cuyo resultado es un indicador del porcentaje de reducción de víctimas por accidente de tránsito, para finalmente implementar las medidas propuestas de manera efectiva y eficiente sobre 02 factores: Infraestructura e Institucional.

## **PALABRAS CLAVES:**

Carreteras nacionales, seguridad vial, auditoría de seguridad vial, tramos de concentración de accidentes, elementos de inseguridad vial, método predictivo, metodología integral.

# Summary

This research concerning the implementation of policies and Innovative Techniques of Traffic Safety through the Application of Road Safety Audits National Highway, is done with a view to proposing an Integrated Methodology Audit Innovative application to systematize the data of accidentalidad, identification of accident concentration sections by combining methods employing dynamic technologies georeferencing, checking the effectiveness of road safety improvements by predictive formulas with the strategy of prevention and reducing deaths and injuries from traffic accidents.

The methodology used is the application of Audits for two cases Case 1: Cycle operation via Los Libertadores and Case 2: Cycle Investment (Project) of the national route PE-28B, certain sections of concentration of accidents (TCA) for case 1, and identifying elements of road safety (EISV) for both cases grouped into 20 areas or road safety considerations. For elements of road safety improvement has made road safety conditions detailed Identification Sheets-Analysis and Mitigation integrated checklists.

The methodology used is the application of Audits for two cases Case 1: Using predictive formulas Road Safety Manual (HSM) AASHTO 2010, analyze and verify the effectiveness of the proposed measures, how much? improving road safety, analyzing the 02 conditions with and without measure, the result is an indicator of the percentage reduction in traffic accident victims to finally implement the proposed measures effectively and efficiently on 02 factors: Infrastructure and Institutional.

## **KEY WORDS:**

Roads nationals, road safety, road safety audit, concentration sections accidents, road safety elements, predictive method, comprehensive methodology





# INTRODUCCIÓN

La presente investigación, referente a la *"Implementación de Políticas y Técnicas Innovadoras de Seguridad Vial mediante la Aplicación de Auditorías de Seguridad Vial en las Carreteras Nacionales"*, se realiza con la finalidad de obtener el Grado Académico de Maestro en Ciencias con mención en: Ingeniería de Transportes.

A nivel mundial los registros de accidentes de tránsito, con víctimas mortales, su reiteración y gravedad, así como la repercusión social preocupa a los técnicos de las diferentes administraciones, al caso que según la O.M.S, para el año 2030 las muertes por accidentes de tránsito ocuparán el quinto lugar en la lista de ***"Las 20 principales causas de mortalidad mundial"***, por lo que es necesario desarrollar políticas y estrategias que permitan realizar estudios en materia de Seguridad Vial. La O.N.U. a través de la Comisión para la Seguridad Vial Mundial y la Asamblea General de las Naciones Unidas proclamó el periodo 2011-2020 como el **Decenio de Acción para la Seguridad Vial**, habiéndose elaborado el Plan de Acción Mundial, con el objetivo de estabilizar y posteriormente reducir las cifras previstas de víctimas mortales en accidentes de tránsito en todo el mundo, incrementando las actividades en el plano regional, nacional y mundial.

En el Perú en materia de Seguridad Vial, existen documentos referentes a Políticas y Legislación de Seguridad Vial como el Reglamento Nacional de Vehículos, Reglamento Nacional de Tránsito, Normatividad sobre el Seguro Obligatorio

---

de Accidentes de Tránsito (SOAT), Ley de Emergencias y últimamente el Plan Nacional de Seguridad vial 2007-2011, con 04 programas generales y 20 estrategias, siendo la 11<sup>o</sup> estrategia: **La Implementación de Auditorías de Seguridad Vial.**

Las razones que motivaron a la elección del tema se deben al incremento de accidentes de tránsito con víctimas mortales que ocurren diariamente en las carreteras nacionales del Perú, siendo necesario desde una política de Seguridad Vial investigar tecnologías que ayuden a identificar la causas de estos accidentes, y los riesgos para futuros accidentes, siendo una estrategia las Auditorías de Seguridad Vial que se encuentra en el Plan Nacional de Seguridad Vial 2007-2011.

Los fundamentos se sustentan en el Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2011-2020, habiéndose elaborado el Plan de Acción Mundial, con el objetivo de estabilizar y posteriormente reducir las cifras previstas de víctimas mortales en accidentes de tránsito en todo el mundo, incrementando las actividades en el plano nacional y mundial, para ello basado en experiencias de algunos países que vienen trabajando mayor tiempo en materias de Seguridad Vial, tal es caso la aplicación de Auditorías de Seguridad Vial.

El objetivo de la investigación es plantear la implementación de políticas y técnicas de Auditorías de Seguridad Vial aplicados mediante una Metodología Integral Innovadora para mejorar la Seguridad Vial y reducir los índices de accidentalidad con mayores víctimas causados por accidentes de tránsito en carreteras nacionales, debiéndose identificar los tramos críticos, zonas de riesgo, elementos de inseguridad vial en una carretera nacional en servicio siendo el caso de estudio: la vía Los Libertadores y plantear medidas óptimas. Además analizar las etapas de aplicación de Auditorías de Seguridad Vial para determinar en cuál de ellas se obtendrá resultados óptimos con mejores beneficios.

La hipótesis planteada es: Con la implementación de políticas y técnicas de Auditorías de Seguridad Vial aplicados mediante una Metodología Integral Innovadora, se logra mejorar la Seguridad Vial reflejando la reducción del índice de accidentalidad con víctimas fatales y no fatales causados por accidentes de tránsito en carreteras nacionales.



# 1 PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

## 1.1. Antecedentes bibliográficos.

### 1.1.1. A nivel internacional.

A nivel mundial según datos de la Organización Mundial de la Salud [1] actualmente las lesiones causadas por el tránsito son la octava causa mundial de muerte, y la primera entre los jóvenes de 15 a 29 años. Las tendencias actuales indican que, si no se toman medidas urgentes, los accidentes de tránsito se convertirán en el 2030 en la quinta causa de muerte. En el 2004 las muertes por accidente de tránsito ocupaban el noveno lugar de esa lista.

En el 2010, gobiernos de todo el mundo proclamaron el *Decenio de Acción para la Seguridad Vial* (2011-2020), cuyo objetivo consiste en estabilizar y después reducir, la tendencia al aumento de las muertes por accidentes de tránsito, con lo que se calcula que se salvarían 5 millones de vidas en esos 10 años. Elaborando un Plan de Acción Mundial para orientar a los países sobre las medidas necesarias para reducir esas muertes y alcanzar así el objetivo del Decenio [2].

Las tasas mas altas de accidentes se registran en países como Perú, por que la población crece a mayor velocidad, los habitantes se desplazan de las zonas rurales a las urbanas, por medio del transporte motorizado, haciendo que se construyan nuevas carreteras para favorecer el desarrollo económico, y cada vez es mayor el

Tabla 1.1: Las causas principales de muertes a nivel mundial.

TOTAL 2004			TOTAL 2030		
NO. DE ORDEN	PRINCIPALES CAUSAS	%	NO. DE ORDEN	PRINCIPALES CAUSAS	%
1	Enfermedad isquémica del corazón	12,2	1	Enfermedad isquémica del corazón	14,2
2	Enfermedad cerebrovascular	9,7	2	Enfermedad cerebrovascular	12,1
3	Infecciones de las vías respiratorias inferiores	7,0	3	Enfermedad pulmonar obstructiva crónica	8,6
4	Enfermedad pulmonar obstructiva crónica	5,1	4	Infecciones de las vías respiratorias inferiores	3,8
5	Enfermedades diarreicas	3,6	5	Traumatismos por accidentes de tránsito	3,6
6	VIH/sida	3,5	6	Cánceres de la tráquea, los bronquios y el pulmón	3,4
7	Tuberculosis	2,5	7	Diabetes mellitus	3,3
8	Cánceres de la tráquea, los bronquios y el pulmón	2,3	8	Enfermedad cardíaca hipertensiva	2,1
9	Traumatismos por accidentes de tránsito	2,2	9	Cáncer del estómago	1,9
10	Prematuridad y bajo peso al nacer	2,0	10	VIH/sida	1,8
11	Infecciones neonatales y otras*	1,9	11	Nefritis y nefrosis	1,6
12	Diabetes mellitus	1,9	12	Lesiones autoinfligidas	1,5
13	Paludismo	1,7	13	Cáncer del hígado	1,4
14	Enfermedad cardíaca hipertensiva	1,7	14	Cáncer colorectal	1,4
15	Asfixia del nacimiento y traumatismo del nacimiento	1,5	15	Cáncer del esófago	1,3
16	Lesiones autoinfligidas	1,4	16	Violencia	1,2
17	Cáncer del estómago	1,4	17	Alzheimer y otras demencias	1,2
18	Cirrosis del hígado	1,3	18	Cirrosis del hígado	1,2
19	Nefritis y nefrosis	1,3	19	Cáncer de mama	1,1
20	Cáncer colorectal	1,1	20	Tuberculosis	1,0

Fuente: Página Web OMS, 2009.

número de personas que puede adquirir un vehículo de motor para circular por esas carreteras y estos cambios rápidos no siempre se ven acompañados de una mejora en las medidas de seguridad. Además, se invierte menos esfuerzo en materia de leyes y en medidas para su cumplimiento que garanticen un uso seguro de las carreteras, en la prestación de primeros auxilios en el lugar del accidente y en la prestación posterior de atención médica y rehabilitación adecuada.

En los años 80 en Reino Unido un equipo experto en investigación de accidentes tuvo la idea de mejorar la seguridad vial con la inspección de los diseños de los nuevos proyectos viales de modo que cualquier medida de seguridad faltante se pudiera incorporar antes de ser construida, desarrollando una política para que todos los nuevos diseños viales fueran inspeccionados y aprobados desde la perspectiva de seguridad vial antes de su construcción. Con el tiempo este proceso se formalizó con el nombre de Auditoría de Seguridad Vial. En los años 90 se produjo un interés generalizado en la adopción del proceso de la ASV. Es así como las autoridades viales de Australia y Nueva Zelanda han sistematizado el uso de estos procedimientos,

adoptándose y utilizándose desde entonces. Actualmente se aplica con éxito en otros países como Suecia, Dinamarca, Canadá y Estados Unidos.

Se mencionan algunas guías o manuales de países a nivel internacional que vienen empleando las auditorías con mayor experiencia.

- **Australia**, es uno de los países más avanzados y con mayor experiencia del mundo en Auditorías de Seguridad Vial, tiene la *"Guide to Road Safety Audit"*, guía que actualiza la segunda edición de la *"Guía de Auditoría Austroads Seguridad Vial del 2002"*[3], diseñada para el uso de planificadores de Seguridad Vial, ingenieros de tránsito, policía, académicos, organizaciones locales, provinciales, estatales y el gobierno nacional, funcionarios, estudiantes, investigadores, consultores y otros. La guía proporciona una visión global del proceso de auditoría de la Seguridad Vial. Se proporcionan detalles claros del proceso, junto con una serie de estudios de casos de auditoría ya realizados. La guía incluye capítulos sobre la responsabilidad legal, costos y beneficios, el proceso de auditoría, los principios de seguridad y las cuestiones técnicas que deben tenerse en cuenta en la Ingeniería de Seguridad Vial.
- **Estados Unidos**, con la *"Road Safety Audit Guidelines - FHWA"*[4], publicado en el año 2006 y desarrollado con el patrocinio del *Federal Highway Administration (FHWA)* de los Estados Unidos, tiene por objetivo orientar a las agencias públicas en el desarrollo de sus propios programas de Auditorías de Seguridad Vial así como apoyarlas en el establecimiento de sus propias políticas y procedimientos. Este documento sirve como una guía coherente para conducir a una mejor comprensión de los conceptos básicos de las Auditorías de Seguridad Vial y promover el desarrollo de las mismas. Las orientaciones de esta guía fueron desarrolladas a través de experiencias adquiridas en los Estados Unidos y en otros países, tienen el propósito de presentar los principios básicos de las inspecciones, para alentar a los organismos públicos a ponerlas en práctica y convertirlas en actividades rutinarias.
- **España**, con *"Manual de Inspección de Seguridad Vial de la Red de Carreteras de Andalucía"*[5], editado por la Junta de Andalucía (España), fue una de las primeras guías en definir el contenido que debe desarrollarse en las inspecciones, el manual también incluye exhaustivas listas de chequeo a aplicar, en función del tipo de vía.

- **Directiva 2008/96/CE del Parlamento Europeo**[6] y del Consejo, sobre gestión de la seguridad de las infraestructuras viarias, la directiva regula el establecimiento y aplicación de los métodos de actuación en materia de gestión de la seguridad de las infraestructuras para las vías pertenecientes a la Red de carreteras del estado que forman parte de la Red Transeuropea de Carreteras. Uno de estos procedimientos son las Auditorías de Seguridad Viaria, definidas como la comprobación independiente, pormenorizada, sistemática y técnica de la seguridad de las características de diseño de los proyectos de infraestructuras viarias, aplicada a las diferentes fases desde el anteproyecto a la explotación en su fase inicial.
- En **Latinoamérica**, Chile con la "*Guía para realizar una Auditoría de Seguridad Vial*", [7] publicado la primera edición en el año 2003, por la Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito (CONASET), metodología basada en experiencias desarrolladas a nivel internacional por los países como Inglaterra, Australia, Nueva Zelanda y Canadá entre otros. y Colombia con la "*Manual de Auditorías de Seguridad Vial*" publicado en el año 2005 [8], por la Secretaría de Tránsito y Transporte de Bogotá (STT). México, Costa Rica, entre otros para disminuir los accidentes de tránsito, con un enfoque que contribuya a prevenirlo mediante un análisis de riesgos al problema de la gran cantidad de accidentes y muertes han utilizado como solución el desarrollo e implantación de un proceso de Auditorías de Seguridad Vial en carreteras.

### 1.1.2. A nivel nacional.

A nivel nacional las estadísticas de accidente de tránsito van aumentando cada año, según reportes de Secretaría del Consejo Nacional de Seguridad Vial del Perú en el último decenio del 2004 al 2013 se registran 844,525 accidentes, y en el año 2013 ocurrieron 102,762 accidentes (3,110 fallecidos y 59,453 heridos)<sup>1</sup>, de esta cifra el 30% acontecieron en las carreteras y en los últimos años el parque automotor viene creciendo significativamente, con un promedio de 371,000 vehículos por año.

En el Perú de acuerdo a la Ley del Transporte y Tránsito Terrestre Ley N° 27181, señala que el objetivo de la acción del Estado Peruano en materia de transporte y tránsito terrestre se encuentra orientada a *promover el resguardo de las condiciones*

---

<sup>1</sup>MTC-SCNSV Accidentes de tránsito 2003-2013

*de seguridad y salud de los usuarios de su infraestructura vial* y le asigna al Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) la competencia normativa en materia de desarrollo del transporte y el ordenamiento del tránsito a nivel nacional.

El MTC, en su calidad de órgano rector a nivel nacional en materia de transporte y tránsito terrestre, preside el Consejo Nacional de Seguridad Vial (CNSV) como su órgano de carácter multisectorial encargado impulsar las políticas de seguridad vial a nivel nacional. La Secretaria Técnica del Consejo Nacional de Seguridad Vial, en su calidad de órgano técnico y administrativo del Consejo, cumple el rol de ente técnico encargado de promover y coordinar las acciones de seguridad vial a nivel nacional, el cual ha previsto fomentar el desarrollo de una Política Nacional en Seguridad Vial que identifique acciones y esfuerzos de los diferentes niveles de gobierno; nacional, regional y provincial y que estas puedan contribuir a la reducción de los índices de morbilidad y mortalidad que resultan como consecuencia de colisiones de tránsito.

Mediante D.S. N° 013-2007-MTC se aprueba el Plan Nacional de Seguridad Vial [9] para el período 2007-2011, el mismo que comprende 04 programas generales y 20 estrategias, siendo la 11va. estrategia de acción la:

**- Implementación de programas de Auditoría Vial.**

El año 2008 a solicitud de Pro transporte un organismo público descentralizado de la Municipalidad Metropolitana de Lima, encargada de la ejecución y administración del Sistema de Corredores Segregados de Buses de Alta Capacidad (COSAC I) [10] realizó una auditoría o revisión exhaustiva y crítica a las obras de infraestructura del COSAC I, tanto a las ejecutadas, las que se encuentran en ejecución y a los actuales proyectos a fin de tomar las previsiones para que cuando entre en funcionamiento se cumpla con uno de los principales objetivos de PROTRANSPORTE, el cual es el de brindar a los usuarios un medio de transporte seguro y eficiente, con particular incidencia en la Seguridad Vial.

Las investigaciones a nivel de tesis de Posgrado en la Universidad Nacional de Ingeniería referentes a Auditorías de Seguridad Vial no existe a la fecha.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup>UNI. 2013. Tesis sustentadas en Maestría mención: Ingeniería de Transportes

## 1.2. Descripción de la realidad problemática.

---

En los meses de Octubre a Diciembre del año 2014, el Ministerio de Transporte y Comunicaciones a través de la Secretaria Técnica del Consejo Nacional de Seguridad Vial como objetivo del Plan Nacional de Seguridad Vial ha realizado a través de consultorías externas la Inspección de Seguridad Vial en 03 carreteras nacionales.<sup>3</sup>

- Carretera Cusco - Puno con código PE-3S, tramo Urcos - Juliaca.
- Carretera Puno - Arequipa con código PE-34A, tramo Juliaca - Arequipa.
- Carretera Los Libertadores con código PE-28A, tramo Pisco - Ayacucho, división Paracas - abra Yanabaca - Socos.

## 1.2. Descripción de la realidad problemática.

Los accidentes de tránsito son considerados como una epidemia de magnitud mundial por la OMS, cada año se producen en todo el mundo aproximadamente 1,24 millones de muertes por accidentes de tránsito cuya cifra es elevada e inaceptable.

Figura 1.1: Accidente de tránsito por "exceso de velocidad" en la vía Los Libertadores.



Fuente: Diario La República, fecha 31/05/2011 - Km 265, 20 fallecidos y 30 heridos.

Estudios demuestran que los accidentes de tránsito es uno de las tres causas principales de mortalidad en personas de 5 a 44 años de edad, compitiendo en este ranking nada menos que con enfermedades como el VIH/SIDA y TBC [1].

---

<sup>3</sup>Portal Seace Mtc. 2014. Consultorías de inspección de seguridad vial en carreteras nacionales.



Figura 1.2: Accidente de tránsito por despiste y volcadura en la vía Los Libertadores.



Fuente: Diario Correo, fecha 12/11/2014 - Km 249, 06 fallecidos y 36 heridos.

Se cuenta con estudios realizados atribuyendo a tres elementos principales que contribuyen la ocurrencia del accidente de tránsito:

- 1) El factor Vía y el entorno en un 28%
- 2) El factor humano en un 94%
- 3) El factor vehículo en un 8%

Con estas estadísticas a priori nos exige realizar investigaciones que ayuden a disminuir la incidencia del **Factor humano**, sin embargo muchos de ellos son erróneamente atribuidos al conductor cuando potencialmente podrían ser atribuidos a la **infraestructura vial** la ocurrencia del accidente y a **quienes los administran** y desde ese principio nuestra tarea como Ingenieros de Transporte es analizar la Infraestructura de la vía para reducir la severidad de los accidentes de tránsito.

En el Perú existe el Plan Nacional de Seguridad Vial 2007-2011 [9] con ciertas estrategias, siendo una de ellas la **Implementación de programas de Auditoría Vial**, con acciones permanentes, cuya entidad involucrada es la Secretaría de Transportes - Consejo Nacional de Seguridad Vial (ST-CNSV), en los últimos 10 años los accidentes de tránsito se han incrementado desde 74,401 accidentes (2004) hasta 102,762 accidentes (2013), representa un incremento de 27.60% de accidentes.

## 1.2. Descripción de la realidad problemática.

---

Los accidentes de tránsito en los 02 últimos años 2012-2013<sup>4</sup>, se han incrementado con una cifra de 7.58% (7,790 accidentes) y en la actualidad continúan ocurriendo siendo una de las principales causas de muerte en nuestro país, quiere decir que estos programas y estrategias no están siendo aplicadas o no son los suficientemente eficientes, implicando la *Implementación de nuevas políticas y técnicas innovadoras de seguridad vial*, utilizando como herramienta las **Auditorías de Seguridad Vial** que permitan identificar problemas de Seguridad Vial y proponer medidas de mitigación que permitan reducir los porcentajes anuales de lesiones y muertes por accidentes de tránsito en las carreteras nacionales del Perú.

Figura 1.3: Accidente por despiste con volcadura por cuneta en la vía Los Libertadores.



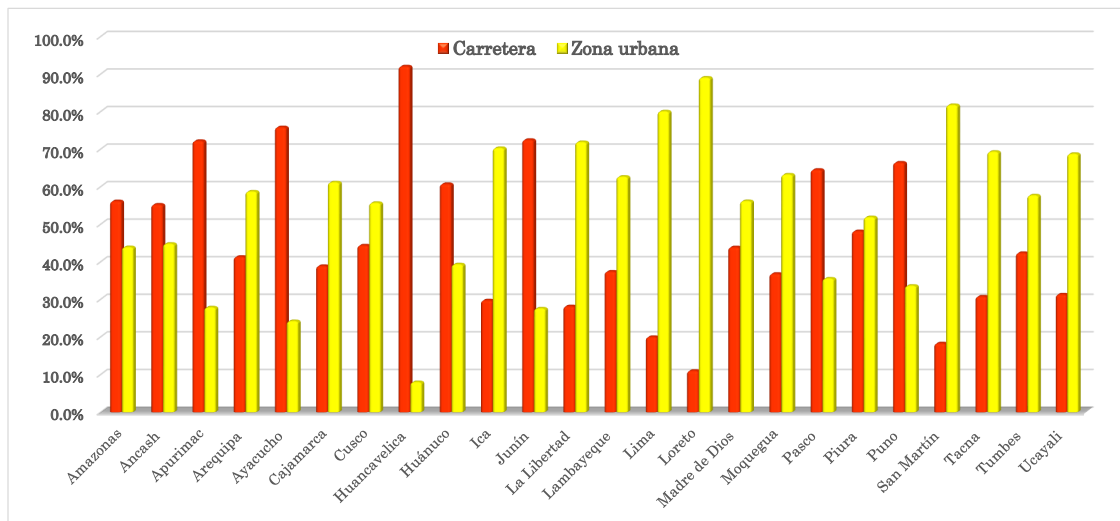
Fuente: Trabajo de campo - Km 168, 22/10/2014.

Según los estudios realizados por la Dirección de Epidemiología del Ministerio de salud del Perú: "*Análisis epidemiológico de las lesiones causadas por accidentes de tránsito en el Perú, 2013*" [11], los accidentes de tránsito ocurridos en las carreteras con mayor porcentaje son los departamentos de Huancavelica (92.0%), Ayacucho (75.8%), Junín (72.5%) y Apurímac (72.2%).

---

<sup>4</sup>MTC-SCNSV Accidentes de tránsito 2003-2013

Figura 1.4: Porcentaje de accidentes de tránsito por región en zona urbana y carretera.



Fuente: Elaboración propia con datos D.E. - MINSA.

## 1.3. Justificación e importancia.

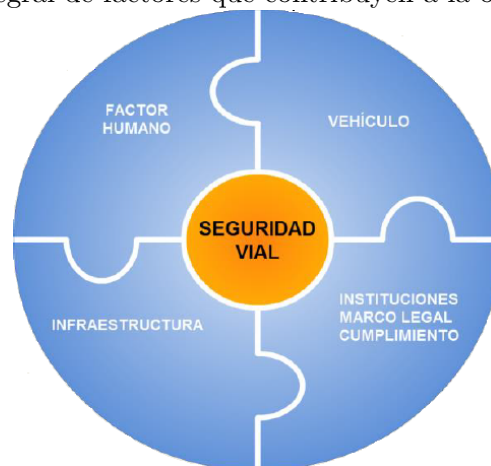
### 1.3.1. Justificación.

- La presente investigación se justifica como aporte a la Política de Seguridad Vial en las carreteras nacionales del Perú, establecida por el gobierno a través del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) y otros sectores correspondientes.
- La investigación es necesaria para los responsables en decisiones para mejorar la Seguridad Vial en nuestro país, pues las muertes por accidentes de tránsito ya no deberían ser tema de salud pública en el Decenio de Acción[2] para la Seguridad Vial 2011-2020; sin embargo en el Perú el año (2013) se ha registrado 102,762 accidentes de tránsito con 3,110 fallecidos y 59,453 heridos, situación que motiva realizar investigaciones para evitar y reducir éstas cifras, mediante políticas nuevas como la aplicación de Auditorías de Seguridad Vial basado en experiencias exitosas desarrollados a nivel internacional por algunos países que tienen mayor tiempo trabajando en este tema y plantear medidas que impliquen reducir los riesgos y cifras de accidentes de tránsito en las carreteras del Perú.
- Los estudios realizados en el Perú, en temas de Seguridad Vial se concentran en la capital Lima principalmente en la carretera PE-1N-1S (Panamericana Norte

y Sur) y la costa peruana, sin embargo existen carreteras nacionales del interior del Perú tan importantes y necesarias para realizar investigaciones y contribuir con el desarrollo de regiones como Cusco, Arequipa, Ayacucho, Junín, Etc. Siendo casos específicos las carreteras nacionales PE-28A (Vía los Libertadores), PE-3S (Ayacucho-Andahuaylas), PE-28B (Ayacucho-San Francisco).

- Es conveniente realizar investigaciones que ayuden a disminuir la incidencia de los factores: Humano, Vehículo y Vía-entorno, principalmente de ésta última, como una tarea y aporte de la Ingeniería de Transportes, por el cual hemos sido formados. Muchos de los accidentes se atribuye al conductor(Factor Humano) cuando podrían ser a la infraestructura vial por presentar deficiencias y a quienes los administran, siendo muy necesario plantear un **Enfoque Integral** de la Seguridad Vial donde incluya un nuevo factor fundamental.
  1. Factor Humano
  2. Vehículo
  3. Infraestructura
  4. Instituciones
    - Marco Legal
    - Vigilancia y cumplimiento de las leyes

Figura 1.5: Enfoque integral de factores que contribuyen a la ocurrencia de un accidente.



Fuente: Gestión y Auditoría de Seguridad Vial - XVII Congreso ICG 2014.

- Es conveniente para la Universidad Nacional de Ingeniería, por sus fines de la investigación científica y la extensión universitaria en beneficio del país.

### 1.3.2. Importancia.

- La presente investigación tiene importancia con la aplicación de las Auditorías de Seguridad Vial, que siendo antiguo y exitoso en algunos países del mundo, para el Perú es novedoso y recientemente a fines del año 2014, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones a través de la Secretaría del Consejo Nacional de Seguridad Vial, ha utilizado esta estrategia con la Inspección de Seguridad Vial en tres "carreteras nacionales pilotos" en la etapa de operación. La ASV es una herramienta muy útil que permite identificar todos aspectos inherentes a la Seguridad Vial y proponer las medidas para mejorarla.
- La investigación tiene un enfoque *preventivo*, y no únicamente *reactivo* al cual estamos acostumbrados en nuestro país, el de esperar la ocurrencia de los accidentes de tránsito para planificar alguna solución.
- Es fundamental indicar que, en las carreteras nacionales en servicio y en los proyectos existen múltiples deficiencias relacionadas a la seguridad vial, que vienen generando estadísticas negativas de accidentes de tránsito, *siendo muy importante y necesaria enfocar una nueva visión que permita Mejorar la Seguridad Vial* en nuestras vías, desde la planificación de proyecto hasta la operación de la vía.

## 1.4. Formulación del problema.

Una vez descrita la realidad del problema realizamos la formulación interrogativa.

### 1.4.1. Problema principal.

Falta de implementación de políticas y técnicas de Auditorías de Seguridad Vial con una Metodología Integral Innovadora que logre reducir los altos índices de accidentalidad y víctimas ocasionados por accidentes de tránsito en las carreteras nacionales.

### 1.4.2. Problemas secundarios.

1. ¿Cómo analizar la accidentalidad en una carretera nacional en operación para identificar los tramos críticos y zonas de los accidentes que causan mayores cifras de víctimas.?

2. ¿Cómo aplicar una Auditoría de Seguridad Vial para identificar los elementos de inseguridad vial y los de mayor frecuencia con riesgo alto de accidente en las carreteras nacionales en servicio?
3. ¿Cuáles son las medidas mitigantes de seguridad vial propuestos para los elementos de inseguridad vial identificado al aplicar la Auditoría de Seguridad Vial y cómo determinamos las medidas más óptimas?
4. ¿Cómo podemos comparar las etapas de aplicación de Auditorías de Seguridad Vial para determinar en cuál de las etapas se obtendrá´ resultados óptimos?

## **1.5. Objetivos de la investigación.**

### **1.5.1. Objetivo General.**

Plantear la implementación de políticas y técnicas de Auditorías de Seguridad Vial aplicados mediante una Metodología Integral Innovadora para mejorar la Seguridad Vial y reducir los índices de accidentalidad con mayores víctimas causados por accidentes de tránsito en carreteras nacionales.

### **1.5.2. Objetivos Específicos.**

1. Analizar la accidentalidad en una carretera nacional para determinar tramos críticos y zonas con mayor severidad del accidente que genera mayores cifras de víctimas causados por accidentes de tránsito. *Caso 1: Carretera en servicio.*
2. Aplicar una Auditoría de Seguridad Vial de una carretera nacional para identificar los elementos de inseguridad vial y determinar los de mayor frecuencia con riesgo alto. *Caso 1: Carretera en servicio.*
3. Plantear medidas mitigantes de Seguridad Vial para los elementos de inseguridad vial identificados en la ASV y determinar las medidas más óptimas mediante métodos predictivos para carreteras nacionales.
4. Analizar y comparar las etapas de aplicación de Auditorías de Seguridad Vial y determinar la etapa con resultados óptimos. *Caso 2: Carretera en proyecto.*

## 1.6. Hipótesis de la investigación.

### 1.6.1. Hipótesis General.

Con la implementación de políticas y técnicas de Auditorías de Seguridad Vial aplicados mediante una Metodología Integral Innovadora, se logra mejorar la Seguridad Vial reflejando la reducción del índice de accidentalidad con víctimas fatales y no fatales causados por accidentes de tránsito en carreteras nacionales.

### 1.6.2. Hipótesis secundarias.

1. La severidad de los accidentes de tránsito en carreteras nacionales ocurren en su gran mayoría en la zona lateral de la vía, que en la propia calzada y berma.
2. Los elementos de inseguridad vial de mayor frecuencia y contribución a la accidentalidad en carreteras nacionales son la inadecuada gestión de velocidades y tratamiento de zonas laterales con sistemas de contención vehicular.
3. Si se emplea un método predictivo es posible determinar la efectividad de las medidas de mejoras de Seguridad Vial.
4. La aplicación de Auditorías de Seguridad Vial en carreteras tiene resultados óptimos en la *etapa de elaboración del proyecto*, que en la *etapa de servicio*.

## 1.7. Variables e indicadores.

Se denominan variables a las características, rasgos, o propiedades de los elementos de la muestra o universo en estudio. La característica de las variables es que son medibles, directa o indirectamente mediante indicadores, por lo que cada elemento del conjunto tiene un valor diferente para cada una de sus variables. (Tabla 1.2)

### a. Variable Indirecta (Dependiente): $Y$

1. Reducción del Índice de Accidentalidad y su severidad.  $Y1$
2. Optimización de aplicación de Auditorías de Seguridad Vial por etapas.  $Y2$

### b. Variables Directa (Independientes): $X$

c. **Indicadores:** Se muestra en la Tabla 1.2.

Tabla 1.2: Variables e Indicadores.

Variable Indirecta (Y)	Variable Directa (X)	Indicador
<b>Y<sub>1</sub>= Reducción del Índice de Accidentalidad (Severidad)</b>		Porcentaje (%)
	X <sub>11</sub> =Longitud	Metro
	X <sub>12</sub> =Accidente	N° de accidentes (Muertos y Heridos)
	X <sub>13</sub> =IMD	N° de vehículos por día
	X <sub>14</sub> =Factor de reducción con medidas (CMF)	Porcentaje (%)
	X <sub>15</sub> =Evaluación de riesgo de carretera	Numérico (1-7 escala)
	X <sub>16</sub> =Tipo de pavimento	Numérico (1-4 escala)
	X <sub>17</sub> =Ancho de carril	Metro
<b>Y<sub>2</sub>=Optimización de aplicación de Auditorías de Seguridad Vial por etapas.</b>		Soles/(Muertes y herido evitados)
	X <sub>21</sub> =Costo de auditoría por Km/etapa	Nuevo soles
	X <sub>22</sub> =Tiempo de realización de auditoría/etapa	Días
	X <sub>23</sub> =Tiempo de implementación de medidas mitigantes	Días
	X <sub>24</sub> =Costo de implementación de medidas mitigantes	Nuevo soles
	X <sub>25</sub> =Beneficios	N° de muertes y heridos evitados

Fuente: Elaboración Propia.

## 1.8. Población, muestra y unidad de análisis.

### 1.8.1. Población (N)

La investigación es válida para carreteras nacionales, se emplea como *caso 1* de estudio la carretera PE-28A Los Libertadores de una longitud de 331 Km y para el *caso 2* la carretera PE-28B Ayacucho - San Francisco (tramo III) de una longitud de 94 Km.

### 1.8.2. Muestra (n)

Para realizar la Auditoría de Seguridad Vial de la carretera en estudio *caso 1* se ha seleccionado una muestra de 66 Km, en forma sistemática de segmentos de 01 Km cada 05 Km, éstos representan a las Secciones Homogéneas de la vía que son 05 (item 3.5 Identificación de Secciones Homogéneas SEH). Las características de la muestra son:

Población	: En 331 Km.
Tipo de muestreo	: Mixto (Sistemático y Estratificado).
Muestra	: 66 Km.
Error	: 5%.
Nivel de Confianza	: 95%.
Distribución de respuestas	: 5.6%.



### 1.8.3. Unidad de análisis.

Los segmentos de análisis es de 1Km/5Km seleccionados en forma sistemática.

1) Km 1 - 2

2) Km 9 - 10

3) Km 14 - 15

...

65) Km 324 - 325

66) Km 329 - 330

## 1.9. Tipo y nivel de investigación.

### 1.9.1. Tipo de investigación.

- **Inductivo.-** Porque va de los casos particulares a lo general; es decir que parte de los datos o elementos individuales, y por semejanzas, se sintetiza y se llega a un enunciado general que explica y comprende a esos casos particulares.[12]

### 1.9.2. Nivel de investigación.

- **Descriptiva.-** Estas investigaciones se ubican en el cuarto nivel. Responden a la pregunta *¿cómo es la realidad que es objeto de investigación o de estudio?*, no son causales y su tipo de análisis es predominantemente cualitativo, sobre la base de fuentes documentales.
- **Explicativa.-** Esta investigación alcanza el tercer nivel y son causales, responden a la pregunta *¿por qué?*, es decir, por qué es así la realidad objeto de investigación. Plantea hipótesis explicativas que mediante el cruce o relación de variables, primero las del *problema* (variables dependientes), con la *realidad* (variables intervinientes), y luego con las del *marco referencial* (variables independientes), plantean propuetas de explicación al problema causal que deberán ser contrastadas[13].
- **Predictiva o Experimental.-** Implican a las investigaciones descriptivas y explicativas, responden a la pregunta: *Si la realidad es así por estas razones o causas, si hago este cambio, ¿qué pasaría?*
- **Correlacionales.-** Pertenece al cuarto nivel, tiene como propósito conocer la

relación que existe entre dos o mas conceptos, categorías o variables en un contexto en particular.

## **1.10. Periodo de análisis.**

El periodo de análisis de la investigación es de 03 años de registros históricos: A partir del 01 de enero del 2012 al 30 de noviembre del 2014.

## **1.11. Fuentes de información.**

### **Fuente Primaria.**

Se ha empleado los registros de accidentes de tránsito ocurridos en la vía Los libertadores, proporcionados por las comisarías de Ayacucho, Huaytará y Humay, reforzados con los del Hospital Regional de Ayacucho e información obtenida de la Auditoría de Seguridad Vial.

### **Fuente Secundaria.**

Se ha utilizado compilaciones, resúmenes y listados de referencias publicadas que proporcione datos cómo: libros, artículos de publicaciones periódicas, exposiciones, documentos oficiales, trabajos presentados en conferencias o seminarios, artículos periodísticos, testimonios de expertos, datos estadísticos oficiales CNSV - MTC 2013.

## **1.12. Técnicas de recolección.**

### **La técnica del análisis documental.**

Empleado como instrumento para recolección de datos de fuentes documentales, fichas textuales y de resumen; recurriendo fuentes de libros especializados, guías, documentos oficiales e internet.

### **La técnica de observación de campo.**

Utilizado como instrumento de recolección información por observación de campo (Inspección), registros de información visual (video grabado).

## 1.13. Instrumentos utilizados.

El tipo de instrumento de medición es la **Observación**, con los pasos: Definición con precisión el universo de aspectos y conductas, extracción de una muestra representativa de los aspectos, listado suficiente de conductas a observar, definición de unidades y categorías de observación[14].

### a.- De análisis documental.

#### ***Ficha Bibliográfica.***

Para registrar los datos del documento, texto, guía tales como: Nombre del autor, año de publicación, título del libro u otro documento, número de edición, país, número total de páginas, fecha de consulta o acceso.

#### ***Citas.***

Para citar las referencias bibliográficas usando numeración progresiva.

#### ***Notas de pie de página.***

Para citar fuentes de información, ampliar explicaciones y sugerir al lector nuevas posibilidades de búsqueda.

### b.- De observación de campo.

#### ***Observación simple.***

- Registros.
- Mapas (esquema).
- Cámara fotográfica.

#### ***Observación sistemática.***

- Plan de observación (Plan de inspección en campo).
- Registro visual (filmación de la vía con cámara de video con GPS).
- Medición con equipos tecnológicos (retroreflectómetro, inclinómetro, ).
- Registro en fichas de Identificación - Análisis y Mitigación.
- Lista de chequeo.
- Entrevista focalizada a especialistas.

## **1.14. Procesamiento de datos.**

1. Para la edición de textos de la tesis se ha empleado el editor de textos: L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X.
2. Para el análisis estadístico de acuerdo a su complejidad se ha utilizado hojas de cálculo de Excel y el software SPSS v20.
3. Para el cálculo de la determinación del porcentaje de reducción de accidentes de tránsito con las medidas propuestas, se ha empleado el método predictivo del Manual de Seguridad Vial (HSM) de AASHTO 2010.

## **1.15. Limitaciones y Restricciones de la Investigación.**

- La investigación se limita al factor de la Infraestructura de la vía y el entorno.
- La investigación se limita a carreteras nacionales del tercera categoría de 02 carriles.

## **1.16. Líneas futuras de Investigación.**

- Sistematización de datos de accidentalidad para determinar Fórmulas Predictivas y Factores de Modificación de Colisiones (CMF) del Perú.
- Auditoría de Seguridad Vial exclusivo a zonas urbanas.



## 2 MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

### 2.1. Conceptos Generales.

#### 2.1.1. Accidentes de tránsito.

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

#### 2.1.2. Tipos de accidentes de tránsito.

- **Colisión o choque.** Es el impacto de un vehículo contra otro, contra un objeto o contra un animal.
- **Atropello.** Evento vial donde un vehículo motorizado arrolla o golpea a una persona que transita o que se encuentra en la vía pública, provocando lesiones leves o fatales.
- **Volcadura.** Tipo de accidente que debido a los sucesos que lo originan, provocan que el vehículo pierda su posición normal, dando una o varias vueltas.

- **Incendio.** Es el accidente ocasionado por un corto circuito, derrame de combustible o cuestiones desconocidas, que propician la generación de fuego mediante el cual se consume parcial o totalmente el vehículo automotor.
- **Despiste.** No es parte de un accidente de tránsito, generalmente es parte de la secuencia de un evento. Es la pérdida del contacto de las llantas con la superficie circulable de la vía, es decir salirse de la porción circulable, para tal efecto puede ser:
  - **PARCIAL:** Cuando no todos los neumáticos del vehículo pierden contacto con la porción circulable.
  - **TOTAL:** Cuando todos los neumáticos del vehículo pierden contacto con la porción circulable.
- **Especiales de vehículo en movimiento.** Tenemos los casos de Fuga, así como algunos otros considerados como accidentes de tránsito especiales de vehículos en movimientos.

Figura 2.1: Accidente de tránsito por despiste y volcadura en el Perú.



Fuente: Diario La República, fecha: 06/06/2014, carretera Arequipa - Puno, Km 87.5

### 2.1.3. Volumen de tránsito.

Se define volumen de tránsito al número de vehículos que pasa a través de una sección fija de una carretera por unidad de tiempo.

$$Q = \frac{N}{T} \quad (2.1.1)$$

Donde:

$Q$  : Vehículos que pasa por unidad de tiempo (vehículos/hora, vehículo/día).

$N$  : Número total de vehículos que pasan por la sección fija.

$T$  : Periodo determinado (año, mes, día).

El volumen medio diario anual (IMDa): Número de vehículos que pasan por una sección durante un año dividido por 365 días.

### 2.1.4. Velocidad.

Podemos definir de modo general la velocidad como la relación existente entre el espacio recorrido y el tiempo empleado en recorrerlo, y suele expresarse en Km/h.

- Velocidad puntual, la velocidad de un vehículo al pasar por una sección.
- Velocidad instantánea, velocidad de un vehículo en un momento determinado.
- Velocidad de recorrido, velocidad media conseguida por el vehículo al recorrer un tramo dado de carretera.
- Velocidad de circulación, velocidad media descontando las paradas completas.
- Velocidad media temporal, velocidad media de todos los vehículos que pasan por un perfil fijo de la carretera durante un cierto periodo de tiempo.
- Velocidad media espacial, velocidad media de todos los vehículos que en un instante determinado están en un tramo de carretera dado.
- Velocidad media de recorrido, es la media de las velocidades de recorrido de todos los vehículos en un tramo de carretera.

### 2.1.5. Densidad.

La densidad es el número de vehículos que ocupa cierta longitud dada de una carretera o carril y generalmente se expresa como vehículos por kilómetro (veh/Km).

$$D = \frac{v}{V} \quad (2.1.2)$$

Donde:

$v$  = Razón de flujo (veh/h).

$V$  = Velocidad promedio de viaje (Km/h).

$D$  = Densidad (veh p/Km/carril).

## 2.2. Seguridad Vial.

### 2.2.1. Definiciones.

La Seguridad Vial se define define como el diseño e implementación de una serie de estrategias, acciones y mecanismos en el ámbito informativo, normativo, formativo, educativo, técnico, tecnológico y de investigación que permitan establecer un sistema vial seguro y reduzcan de forma efectiva los accidentes de tránsito y las lesiones que provocan. El sistema de tránsito es considerado como una globalidad, sin la discriminación de ningún elemento para poder comprender las condiciones multicausales, con múltiples consecuencias, y trazar la red de estas causas y condiciones.

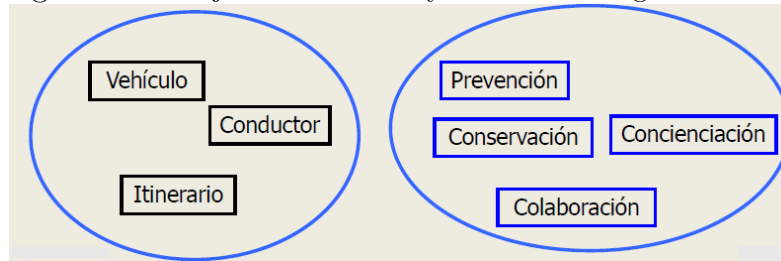
Se entiende como el conjunto de acciones y mecanismos que garantizan el buen funcionamiento de la circulación del tránsito, mediante la utilización de conocimientos (leyes, reglamento y disposiciones) y normas de conducta, bien sea como peatón, pasajero o conductor, a fin de usar correctamente la vía pública previniendo los accidentes de tránsito.

La consecución de un conductor con conocimientos y habilidades suficiente que, en estado físico y psíquico adecuado, conduzca un vehículo diseñado y conservado correctamente, por uno de los itinerarios debidamente planificados, mantenidos y señalizados, en un entorno social consciente del problema y apta a la hora de encontrar las soluciones más adecuadas.

El conjunto de acciones y mecanismos que garantizan el buen funcionamiento de



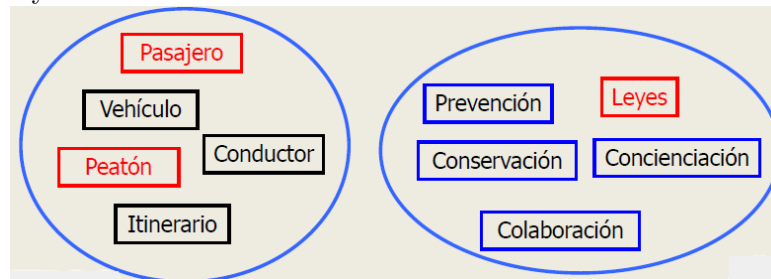
Figura 2.2: Conjunto de actores y acciones de Seguridad Vial.



Fuente: Gestión y Auditoría de Seguridad Vial-XVII Congreso ICG 2014.

circulación del tránsito, mediante la utilización de conocimientos (leyes, reglamentos, disposiciones), normas de conducta, del peatón, pasajero o conductor, a fin de usar correctamente la vía pública previniendo, los accidentes de tránsito.

Figura 2.3: Conjunto de actores, mecanismos y acciones de SV incluyendo al peatón, pasajero y las leyes.



Fuente: Gestión y Auditoría de Seguridad Vial-XVII Congreso ICG 2014.

Hace más de 30 años, en los Estados Unidos William Haddon Jr. definió tres fases en la secuencia temporal de los accidentes: la previa, la colisión y la posterior, y una triada epidemiológica: la persona, la máquina y el ambiente, que interactúan en cada fase. El modelo Haddon resultante simula un sistema dinámico de nueve celdas, cada una ofrece posibilidades de intervención para reducir los accidentes y lesiones.

- Seguridad Vial Primaria o previa al accidente:** Son las estrategias puestas en marcha para prevenir los accidentes. Dentro del factor humano implican acciones de información, formación, actitudes, aplicación de la ley, adaptación a las facultades psicofísicas. En cuanto a los vehículos implica las condiciones mecánicas adecuadas (luces, frenos, maniobrabilidad, gestión de la velocidad) y desde el punto de vista ambiental desarrollar estrategias en cuanto al diseño y trazado de la vía, límites de velocidad, elementos de seguridad peatonal, etc.

- **Seguridad Vial Secundaria o en el momento del accidente:** Persigue la prevención de lesiones y traumatismos durante el accidente. Desde el factor humano fomenta el uso de dispositivos de protección y disminución de las facultades. Las estrategias referentes al vehículo se refieren a la existencia y mantenimiento de cinturón/casco, dispositivos de seguridad, diseño vehicular anti-choques. En relación con la vía se podría poner como ejemplo la presencia de elementos protectores a los lados de la vía.
- **Seguridad Vial Terciaria o posterior al accidente:** Hace referencia a los mecanismos para minimizar las consecuencias del accidente una vez ha ocurrido. Desde la perspectiva del factor humano implica acciones como el fomento de nociones de primeros auxilios, acceso a la atención médica, tiempos cortos de llegada de la atención médica y traslados a hospital. Desde el punto de vista del vehículo se refiere por ejemplo a la facilidad del acceso a los ocupantes y el riesgo de incendio, y desde la visión ambiental se trabaja el equipamiento de socorro o la congestión de la vía.

### 2.2.2. Factores que contribuyen a los accidentes de tránsito.

Son muchos y complejos los factores que se encuentran implicados en un accidente, surgen dentro de la compleja red de interacciones entre el vehículo, la vía, el estado de la señalización, la normativa, la gestión de la seguridad, la supervisión policial y finalmente el comportamiento del conductor y la situación de sus capacidades psicofísicas<sup>1</sup>

Los accidentes de tránsito son productos de un conjunto de factores, de variables con diferentes importancias; en todo caso, los factores contribuyentes más importantes en todas las investigaciones son: Factor humano, factor de la vía - entorno y factor del vehículo.

#### 1. Sabey y Straughton, Transport Research Laboratory UK 1981.

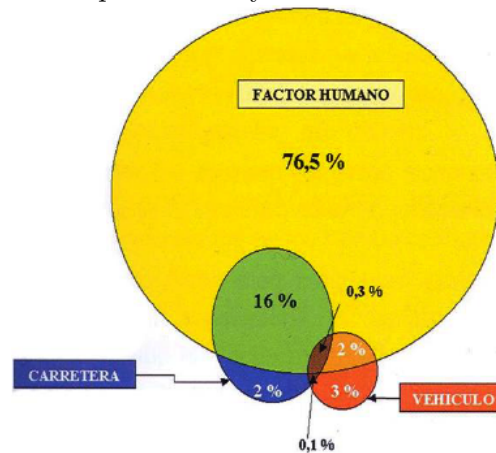
Desde el punto de vista de los accidentes, existen tres elementos principales que contribuyen, individualmente o colectivamente, a la ocurrencia de cada accidente tránsito: el factor humano, el vehículo, la infraestructura y el entorno. Sólo un factor el 81.5% (factor humano 76.5%, vía o vehículo en el 5%; dos factores en menos del 19%, tres factores en menos del 1%, estos factores representan:

---

<sup>1</sup>Fell J.C.,1976. A motor vehicle accident casual system: the human element, Human Factors.

- a) Factor Humano en el 95%.
- b) Infraestructura en el 18%.
- c) Vehículo en el 5.58%.

Figura 2.4: Factores que contribuyen a la ocurrencia de un accidente.



Fuente: Sabey y Straughton, Transport Research Laboratory UK, 1981.

## 2. Main Roads Western Australia.

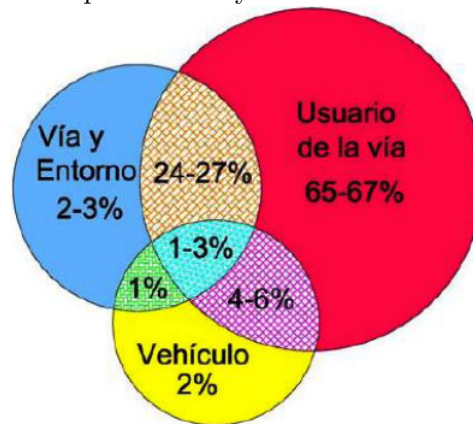
La interacción entre el usuario y el camino es compleja y la determinación del factor principal que contribuye a un accidente es a menudo difícil, para este caso son:

- a) Factor Humano en el 94%.
- b) Infraestructura en el 28%.
- c) Vehículo en más del 8%.

## 3. Enfoque Integral. De la Seguridad Vial en España incluye un nuevo factor fundamental.

- a) Factor Humano.
- b) Vehículo.
- c) Infraestructura.
- d) Instituciones.
  - Marco Legal.
  - Vigilancia y cumplimiento de las leyes.

Figura 2.5: Factores que contribuyen a la ocurrencia de un accidente.



Fuente: Main Roads Western Australia, Investigación de Seguridad Vial.

Figura 2.6: Enfoque integral de factores que contribuyen a la ocurrencia de un accidente.



Fuente: Gestión y Auditoría de Seguridad Vial - XVII Congreso ICG 2014.

### Factor Humano

- Programas de Educación Vial.
- Procedimientos para obtener el permiso de conducir.
- Cursos de formación para conductores.
- Cursos de re-educación para conductores.
- Exámenes Médicos a conductores.

### Factor Vehículo-Parque Automotor

- Parque de vehículos por tipo.
- Inspecciones técnicas de vehículos.
- Seguridad activa en vehículos.

- Antigüedad del parque automotor.

### **Gestión de la Seguridad en Infraestructuras**

- Clasificación y tramificación de las carreteras.
- Planificación de trabajos de conservación y mantenimiento.
- Seguridad vial en obras aperturadas al tránsito.
- **Auditorías e Inspecciones de Seguridad Vial.**
- Detección y gestión de tramos conflictivos.
- Legislación en materia de tránsito, transporte y seguridad vial.
- Límites de contenido de alcohol en sangre.
- Control y expedición de multas por infracciones a la norma de circulación, indicando causas.
- Legislación específica sobre transporte de mercancías y personas.
- Regulación sobre tiempos de conducción y descanso para profesionales del transporte.
- Seguro Obligatorio de los vehículos y datos reales de seguros.
- Procedimientos y sistema de tomas de datos de accidentes.
- Gestión de base de datos de accidentes de tránsito.
- Vigilancia y cumplimiento de la legislación.

### **2.2.3. Consideraciones generales de Seguridad Vial.**

Se ha estimado muy importante tratar las consideraciones de seguridad para la construcción y operación de vías, traducido muchas veces del inglés como principios de Seguridad Vial basadas en experiencia recogida en estudios de Ingeniería a nivel mundial para disminuir los riesgos de accidentes y/o sus consecuencias. De este modo, las Consideraciones de Seguridad Vial[7] se agrupan de la siguiente forma:

#### **2.2.3.1. Diseño Geométrico.**

Las principales características del diseño geométrico que influyen en la Seguridad Vial son:

1. Diseño de intersecciones.
2. Control de accesos.
3. Curva vertical y horizontal.
4. Sección transversal.

Figura 2.7: Situaciones de riesgo en intersecciones urbanas y rurales.



Fuente: Propia (Intersección carretera PE 1S - vía Los Libertadores PE 28A)

Figura 2.8: Combinación de curvas verticales y horizontales, en vías urbanas y rurales.



Fuente: Propia (Carretera Ayacucho-San Francisco tramo Tambo-Challhuamayo).

### 2.2.3.2. Pavimento (Superficie de rodadura).

Las características de la superficie de rodadura tienen un efecto significativo en la Seguridad Vial. La probabilidad de accidentes disminuye cuando se cuenta con una superficie con buena adherencia, especialmente bajo condiciones de pavimento húmedo (mojado).

Figura 2.9: Superficie de rodadura deteriorada.



Fuente: Diario Correo (Carretera Central Tramo Chicrin - Tingo María-2013).

### 2.2.3.3. Señalización Vial.

#### La Señalización horizontal y delineadores.

El uso de señalización horizontal permite una reducción en el número de la severidad de los accidentes, a un bajo costo. Estos elementos pueden tomar la forma de demarcaciones tradicionales, tachas, tachones o de delineadores.

Puede considerarse que estos elementos cumplen con cuatro funciones esenciales:

- Indicar prioridades, prohibiciones, o las maniobras que pueden ser realizadas.
- Canalizar los flujos vehiculares.
- Proporcionar una orientación lateral.
- Influenciar velocidades y flujos vehiculares.

#### La Señalización Vertical Reglamentaria, Preventiva e Informativa.

Es fundamental para la Seguridad Vial, ellas indican los usuarios situaciones o localizaciones potencialmente peligrosas. Debe estar instalada apropiadamente y contar con un adecuado plan de mantención. Las señales deben estar diseñadas y localizadas de tal modo que permitan alertar sobre situaciones de peligro y que puedan ser leídas y entendidas fácilmente, para guiar a los conductores con un máximo de seguridad. También existen otras señalizaciones específicas como las de tipo "Chevrón" que permiten advertir geometrías de difícil lectura (curvas de volteo en U).

Figura 2.10: Visibilidad de tachas en la noche, delineadores.



Fuente: Página web Proseñal (Carretera central tramo Chicrin - Huánuco 2014).

Figura 2.11: Señalización vertical preventiva rayada, reglamentaria desgastada, e informativo mal ubicado.



Fuente: Propia (Carretera Vía Los Libertadores PE 28A).

#### 2.2.3.4. Gestión de Tránsito.

Los aspectos de la Gestión de Tránsito que se relacionan con la Seguridad Vial son principalmente los límites de velocidad y control físico de la velocidad, regulación de intersecciones, cruces peatonales, sistemas unidireccionales y control del estacionamiento.

1. *Límites de Velocidad y Control de Velocidad.* La experiencia de países desarrollados ha dejado en evidencia que la reducción de velocidades da lugar a una reducción en accidentes, y/o su severidad. Sin embargo, no basta con establecer arbitrariamente la velocidad mediante señalización. El límite debe establecerse en función de: la velocidad real de operación en la vía y de sus características



físicas la composición y volumen del flujo vehicular; el uso del suelo y la tasa de accidentes.

2. *Regulación de Intersecciones.* Desde el punto de vista de la seguridad, es importante que la prioridad de paso esté señalizada en todas las intersecciones, idealmente apoyada por demarcación. El no señalar adecuadamente una intersección con señalización vertical y horizontal, puede inducir a confusión entre los usuarios.
3. *Cruces Peatonales.* En zonas con grandes flujos peatonales, deben emplazarse facilidades peatonales explícitas, de otro modo el riesgo para los peatones es muy alto. Por otra parte, su implementación en lugares donde no se justifica, genera un menor respeto por parte de los conductores, lo que aumenta el riesgo de accidentes. En términos generales, se puede señalar que: *"En tramos rectos, cuando se implementan cruces cebra o semáforos peatonales la tasa de accidentes en donde participan peatones, es menor que si dichas facilidades no existieran"*.
4. *Circulación de Vehículos Pesados.* La circulación de vehículos pesados por zonas residenciales, o de alto flujo de ciclistas y/o peatones, debe ser evitada desviándola hacia vías alternativas, y si ello no es posible se deben tomar medidas para resguardar la seguridad de todos los usuarios.

Figura 2.12: Límites de velocidad.



Fuente: Propia (Carretera Ayacucho - Abancay PE-3S Km 409+100).

### 2.2.3.5. Mobiliario Vial.

El mobiliario vial (la iluminación de la vía, paraderos, las islas de tránsito, barreras de contención, entre otros) son componentes importantes desde el punto de vista de la seguridad y ayudan al conductor a identificar de una manera más clara las condiciones particulares de la vía y advertir los riesgos. Es importante tener en cuenta que la ubicación del mobiliario en la vía no genere peligros innecesarios.

Figura 2.13: Barreras de seguridad metálicas.



Fuente: Propia (Carretera PE-28B Km 46+200).

### 2.2.3.6. Usuarios de la Vía.

En el contexto del diseño vial, el término "factor humano" implica la consideración de los usuarios de la vía, los tres factores contribuyentes: humano, vehículo, vía y entorno, actúan solos o conjuntamente.

El factor humano se encuentra implicado en alrededor del 94% de los accidentes, mientras que el factor vehicular en el 8%, y el factor vía y entorno en el 28% de los accidentes. De este modo, muchos programas y proyectos, dentro de un plan de seguridad de tránsito, deben estar orientados preferentemente hacia usuario de la vía (educación, información, fiscalización, entre otros), por su mayor aporte. Sin embargo, dada la interacción entre los tres factores contribuyentes (factor humano, vehículo y vía), el diseño y las medidas de seguridad en una vía o el diseño del vehículo también afectan el comportamiento del conductor.

Figura 2.14: Diferentes usuarios de la vía, educar e informar para mejor seguridad vial.



Fuente: Propia (Carreteras PE 28B, PE 28A).

### 2.2.3.7. Vehículos en la vía.

El tercer factor que contribuye a la ocurrencia de accidentes de tránsito es el vehicular. No es igual una vía en que circulan vehículos livianos, a una que además con vehículos pesados, motociclistas, ciclistas; el análisis de las condiciones de seguridad será distinto. Por su importancia, los vehículos pesados afectan a la circulación por dos razones: Mayor tamaño ocupan mayor espacio vial, y por tener capacidades operativas más limitadas que los vehículos livianos.

Figura 2.15: Distintos tipos de vehículos en la vía.



Fuente: Propia (Carretera PE-28A Km 0+800).

### 2.2.3.8. Trabajos y mantenimiento de vías.

Los trabajos en la vía deben ser considerados como zonas potenciales de accidentes, por ello deben tratarse con especial atención las especificaciones de relación con la señalización y localización de equipamiento de apoyo. Por otra parte, los trabajos en la vía requieren de una buena Supervisión, incluyendo observaciones en terreno.

Figura 2.16: Obreros de Conservación Vial expuestos a riesgo.



Fuente: Propia (Carretera PE-28A Km 130+000).

## 2.2.4. Exposición - Riesgo - Severidad.

### 2.2.4.1. Exposición.

Se define como la cantidad de movimientos dentro del sistema que realizan los distintos usuarios o una población de determinada densidad. En la exposición al riesgo influyen principalmente los factores económicos, demográficos, planificación del uso de las vías (duración del viaje o elección del modo de transporte), la combinación de tránsito motorizado de alta velocidad con usuarios vulnerables en la vía pública, así como la no consideración de la función de la vía en el diseño y establecimiento de los límites de velocidad.

### 2.2.4.2. Riesgo.

El riesgo depende de cuatro elementos:

- a. La exposición.
- b. La probabilidad básica de sufrir un accidente, dada una exposición determinada por:
  - Los desplazamientos innecesarios, elección de transporte e itinerarios inseguros.

- La velocidad excesiva e inapropiada, origina Aprox. 30% de accidentes fatales.
  - La pérdida de las facultades del conductor por ingestión de alcohol y drogas. El riesgo de accidente aumenta en forma brusca a partir de 0,04g/dl de alcohol.
  - El sexo, la edad y la experiencia. Los conductores principiantes, jóvenes y varones corren más riesgo de verse implicados en una colisión.
  - Los usuarios vulnerables (peatones, los ciclistas y los motociclistas) corren mayores riesgos de sufrir lesiones por accidente de tránsito.
  - Iluminación deficiente y falta de visibilidad. Si se instalaran y usaran faros diurnos podrían evitarse casi un tercio de los choques de vehículos motorizados de dos ruedas causados por falta de visibilidad; en el caso de los automóviles, podrían evitarse más de 10% de estos accidentes.
  - El cansancio y la fatiga.
  - Factores del vehículo (frenos, maniobrabilidad y mantenimiento).
  - Diseño, trazo y mantenimiento de las vías y de las redes viales. (tránsito pesado en zonas pobladas, el tránsito motorizado comparte la vía con el peatón, vías que pueden producir sensación de seguridad y dar lugar a comportamientos de riesgo).
- c. La probabilidad de lesión en caso de accidente. Se ve modulada por los factores de tolerancia humana, velocidad inadecuada o excesiva, no uso de cinturón/casco/retención infantil, elementos en la vía que no ofrecen protección suficiente en caso de colisión, presencia de alcohol y otras drogas.
- d. El resultado de dicha lesión. Después del accidente los factores de riesgo que influyen en la gravedad incluyen el tiempo que transcurre en la detección del accidente, la presencia de fuego y sustancias peligrosas, alcohol y drogas, dificultades en la evacuación y auxilio, atención sanitaria deficiente inmediata al accidente y en las salas de urgencia.

#### 2.2.4.3. Severidad.

La gravedad de una víctima de accidente de tránsito se considera en función del tiempo de ingreso. Así, se considera herido grave cuando el ingreso es superior a 24 horas. No hay una definición homologada a nivel de Europa, 09 países emplean la definición de hospitalización a 24 h. Como crítica a la definición, hay que decir que el hecho de estar hospitalizado 24 horas no aporta información sobre la verdadera la gravedad del accidentado, ni sobre las lesiones que ha sufrido, de forma que sería a través de los diagnósticos médicos como se debería llegar a definir diferentes categorías de heridos. El diseño de los bordes de la carretera y la colocación de objetos en ellos desempeñan un papel clave en los traumatismos causados por el tránsito, e influyen en el comportamiento de los usuarios de la vía pública.

## 2.3. Auditoría de Seguridad Vial (ASV).

### 2.3.1. Definiciones.

La Austroads define como *”Una Auditoría de Seguridad Vial (ASV) es un examen formal de un proyecto vial, o de tránsito, existente o futuro, o de cualquier proyecto, que tenga influencia sobre una vía, en donde un equipo de profesionales calificado e independiente informa sobre el riesgo de ocurrencia de accidentes y del comportamiento del proyecto desde la perspectiva de la seguridad vial”*[15].

En este contexto, una Auditoría en Seguridad Vial se desarrolla mediante un examen formal y sistemático a un proyecto de infraestructura vial futuro o existente, a partir del cual un grupo técnico idóneo, calificado e independiente, prepara un reporte sobre el potencial de accidentalidad o el desempeño integral relacionado con la seguridad. En consecuencia, el objetivo es identificar las condiciones de seguridad de todos los usuarios de la vía, para analizarlas y tomar las medidas correctivas pertinentes; en este mismo orden, el objetivo no es la verificación del cumplimiento de estándares de diseño, ni tampoco una investigación de accidentes.

El objetivo central siempre será la prevención de la accidentalidad, la reducción del número de accidentes o al menos la mitigación de la gravedad o severidad de los mismos, y en general minimizar el número de personas lesionadas y salvar vidas humanas. El principio rector será privilegiar la seguridad a toda costa, por encima de la movilidad, de la capacidad o de cualquier otro factor.[8]

Los aspectos claves de la realización de una ASV:

- Se trata de un procedimiento formal, nunca de una comprobación informal.
- Los auditores deben tener la adecuada formación y experiencia en la materia.
- Los auditores deben ser profesionales independientes de la fase de diseño.
- La auditoría debe estar limitada a aspectos relacionados con la seguridad.
- En el proceso deben tener en cuenta de todos los posibles usuarios de la vía.

Además una ASV:

- No es un procedimiento para evaluar un proyecto como bueno o malo.
- No debería servir para establecer prioridades entre proyectos.

- No es una comprobación del cumplimiento de la normativa.
- No sustituye a la comprobación en la fase de diseño.
- No es una investigación de accidentes.
- No es un proceso de rediseño del proyecto.
- No es un procedimiento para aplicar exclusivamente a proyectos de grandes presupuestos.
- No es un procedimiento para aplicar exclusivo a proyectos con problemas de seguridad a priori.

## 2.3.2. Principales antecedentes internacionales de la ASV.

### 2.3.2.1. Orígenes de las ASV.

El origen de las auditorías se atribuye a Malcom Bulpitt en el Reino Unido, quién aplicó a principios de los años 80, el concepto de auditoría independiente para mejorar el nivel de seguridad en los proyectos viales realizados por el Departamento de Carreteras y del Transporte del Consejo del Condado de Kent. Para ello, Bulpitt utilizó conceptos introducidos originalmente en redes del ferrocarril durante el periodo Victoriano, época en la cual el gobierno británico designó a oficiales para que examinaran todos los aspectos de seguridad de una nueva línea ferroviaria antes de que fuera puesta en servicio. [15]

A mediados de los años 80 en el Condado de Kent, un equipo experto en investigación de accidentes, responsable de investigar lugares en donde existía una alta concentración de accidentes de tránsito (puntos negros), tuvo la idea de consultar sobre nuevos proyectos viales o de rediseños viales, que se localizarían en zonas donde se producían una alta frecuencia de accidentes, el equipo estimó que la seguridad vial podría ser mejorada si se inspeccionaran los diseños de los nuevos proyectos viales de modo que cualquier medida de seguridad faltante se pudiera incorporar antes de construirlos.

De este modo, el Condado de Kent desarrolló una **política** que exigía que todos los nuevos diseños viales fueran inspeccionados y aprobados desde la perspectiva de la seguridad vial, antes de la construcción. Si el proyecto no era aprobado, no podía pasar a la siguiente etapa. Con el tiempo, este proceso se formalizó con el nombre de Auditoría de Seguridad Vial, y así continúa utilizándose.

Estos procedimientos y políticas similares pronto emergieron en otros lugares. En

Australia, por ejemplo se empezó a aplicar regularmente la Auditoría de Seguridad Vial a proyectos en su etapa de preapertura, a modo de evaluación de la seguridad de la nueva vía, antes de su apertura a la circulación. Rápidamente, los ingenieros responsables de esta tarea también reconocieron las ventajas de realizar estas auditorías en las etapas previas, principalmente durante el diseño del proyecto vial.

En los años 90 se produjo un interés generalizado en la adopción del proceso de auditorías. Es así como las autoridades en la materia de Australia y Nueva Zelanda han sistematizado el uso de estos procedimientos, adaptándose y utilizándose desde entonces por ingenieros, asociaciones profesionales y autoridades viales.

Las experiencias internacionales se centran fundamentalmente en los países mencionados, a los que se añadió Canadá y Estados Unidos. En Europa, la internacionalización del proceso ha sido más lento con la excepción de Dinamarca, que ha implementado procesos similares al Reino Unido. Podemos decir que el resto de países de Europa han ido a la cola del sistema siendo en la actualidad cuando incorporan la materia a su legislación y a su práctica.

### **2.3.2.2. Experiencias Internacionales de ASV.**

#### **Australia y Nueva Zelanda**

La Asociación de Transporte Vial y Autoridades de Tránsito de Australia y Nueva Zelanda, conocida como AUSTROADS, realiza en el año 1994, una publicación titulada "*Auditoría de Seguridad Vial*". Esta publicación comprendió una serie de guías de consulta para un programa nacional de ASV que incluyó listas de chequeo extensamente adoptadas y desarrolladas en conjunto con Nueva Zelanda (Se publicó una segunda versión en el 2002). Los Estados de Australia, en forma independiente, han aplicado las ASV a diversas vías. Por ejemplo, la Agencia del Camino del Estado de Victoria, Victoria Roads Corporation (VicRoads), considera a las ASV como componente integral del proceso de la gerencia de la calidad. Las ASV se realizan desde la concepción inicial del proyecto hasta su construcción, aplicándose en todas las obras con un costo superior a los 2,3 millones de dólares. Además, VicRoads revisa aleatoriamente el 20% de otros proyectos de construcción en unas o más etapas y el 10% de los trabajos de mantenimiento.



### **Estados Unidos.**

En 1996, la Administración Federal de Carreteras (FHWA) envió a Australia y Nueva Zelandia un equipo de profesionales para conocer y evaluar el proceso de la ASV en esos países. La delegación multidisciplinaria la conformaron ingenieros en vialidad, especialistas de seguridad, y educadores. En 1997 se entregó el informe de FHWA del viaje de Estudio Auditorías de Seguridad Vial partes 1 y 2 (Trentacoste 1997), y en él, el equipo concluyó que las ASV podrían contribuir a maximizar la seguridad de las vías, aplicadas en etapas de diseño u operación. Los participantes del programa recomendaron desarrollar un programa experimental en Estados Unidos sobre esta experiencia, basado en una estrategia preparada por dicho equipo. Posteriormente, en 1998 la FHWA comenzó un proyecto piloto de ASV para determinar la viabilidad de la puesta en práctica nacional en las etapas de desarrollo, construcción y operación de proyectos viales. Actualmente 14 estados se han incorporado a un proyecto piloto. La FHWA ha patrocinado distintos talleres de ASV para todos los participantes del proyecto piloto. Por su parte, Nueva York desarrolló un programa para integrar las ASV en su programa de repavimentación.

### **Canadá.**

El Maritime Road Development Corporation de New Brunswick, en el año 1998, fue la primera organización en Norteamérica que incorporó un procedimiento de ASV en el desarrollo de una carretera desde la etapa preliminar del diseño hasta la post-apertura, conservando un equipo para conducir el proceso de ASV para el futuro. En la provincia de Ontario se estableció *un plan para mejorar la Seguridad Vial aplicando ASV*, simultáneamente se desarrollan otros esfuerzos centrados en la revisión aislada de distintos proyectos. En British Columbia se ha trabajado en la promoción de estrategias proactivas, incluyendo la puesta en práctica de ASV. Los esfuerzos continúan hacia el desarrollo de un plan más formal para implementar las ASV. La ciudad de Calgary incluyó la ASV como parte de la revisión de necesidades de seguridad para carreteras.

### **Europa.**

Tal como se señaló, el concepto de las ASV se originó en el Reino Unido durante la década de los 80. En 1987, el Ministerio de Transportes del Reino Unido formuló estrategias orientadas a reducir, para el año 2000, en un 33% el número de víctimas

anuales en accidentes de tránsito. En 1988 se legisló para que todas las autoridades viales del Reino Unido tomaran medidas para reducir accidentes. Este requisito generó el desarrollo de dos publicaciones: "Código de la Buena Práctica de la Seguridad Vial" (Asociación de Autoridades Locales, 1989 y de las "Guías de Consulta para Auditorías de Seguridad en Carreteras" (Instituto de Transportes y Carreteras 1990, revisado en 1996).

En 1991, el Ministerio de Transporte Británico realizó ASV obligatorias para todas las vías troncales y autopistas nacionales sin peaje. En el resto de Europa, la internalización del proceso de las ASV ha sido lenta, con la excepción de Dinamarca. En este país, la Dirección General de Carreteras del Gobierno ha desarrollado e implementado un proceso de ASV que se encuentra operativo desde 1994, el cual está basado, en gran medida, en lo desarrollado en el Reino Unido. En Irlanda se publicó en 1996 un Manual de Ingeniería de Seguridad Vial, redactado por TMS Consultancy para el Gobierno, que puso en marcha la idea de auditar la seguridad en tramos de carreteras. Otros países europeos se han interesado en ASV; sin embargo sólo Francia ha producido especialmente una guía al respecto. Este documento, denominado Vade Macún, fue desarrollado en 1994, trabajo complementado con una visita de estudios de un grupo de ingenieros franceses a la Junta del Condado de Kent en 1994.

### 2.3.2.3. Experiencias de ASV en el Perú.

En el Perú existe el Plan Nacional de Seguridad Vial 2007-2011 [9] con ciertas estrategias, siendo una de ellas la **Implementación de programas de Auditoría Vial**, con acciones permanentes, cuya entidad involucrada es la Secretaría de Transportes - Consejo Nacional de Seguridad Vial (ST-CNSV).

En el año 2008 a solicitud de Protransporte un organismo público descentralizado de la Municipalidad Metropolitana de Lima, encargada de la ejecución y administración del Sistema de Corredores Segregados de Buses de Alta Capacidad (COSAC I)[10] realizó una auditoría o revisión exhaustiva y crítica a las obras de infraestructura del COSAC I, tanto a las ejecutadas, las que se encuentran en ejecución y a los actuales proyectos a fin de tomar las previsiones para que cuando entre en funcionamiento se cumpla con uno de los principales objetivos de PROTRANSPORTE, el cual es brindar a los usuarios un medio de transporte seguro y eficiente, con particular incidencia en la Seguridad Vial.

En el año 2010, se elaboró el Libro Blanco de la Seguridad [16] en el cual se propone la implementación de las auditorías viales a las obras de infraestructura vial regional y a las que se ejecutan o han sido concretadas en el ámbito de la competencia municipal muchas veces son inexistentes. Por ello surge la necesidad de implementación obligatoria de los sistemas de auditoría vial ceñidos a estándares internacionales para las infraestructuras de las vías nacionales, regionales y urbanas que permita determinar si éstas reúnen las condiciones de seguridad establecidas. Este proceso de auditoría vial debe efectuarse en cada etapa del proceso de concesión de vías, es decir durante el planeamiento, la construcción y la explotación de las concesiones realizadas en la red vial nacional. Las auditorías viales permitirán no solo verificar si la inversión que se realizó en infraestructura vial corresponde a los criterios técnicos de las adjudicaciones o licitaciones sino también si éstas cumplen con todos los estándares de seguridad.

Para fines del año 2014 el Ministerio de Transporte y Comunicaciones a través de la Secretaria Técnica del Concejo Nacional de Seguridad Vial como implementación de la Auditoría de Seguridad vial ha realizado a través de consultorías externas la Inspección de Seguridad Vial en tres carreteras nacionales <sup>2</sup>.

- Carretera Cusco-Puno con código PE-3S, tramo Urcos-Juliaca.
- Carretera Puno-Arequipa con código PE-34A, tramo Juliaca-Arequipa.
- Carretera Los Libertadores con código PE-28A, tramo Pisco-Ayacucho, división Paracas - abra Yanabaca - Socos.

### 2.3.3. Etapas para realizar las ASV.

El proceso lógico de las auditorías de seguridad vial comienza con el análisis durante la fase inicial de planeamiento y la posterior elaboración del proyecto constructivo de la carretera, con el fin de poder corregir y mejorar aquellas, circunstancias o condicionantes que afectan de forma directa o indirecta a la seguridad vial durante el periodo de diseño. Las ASV se pueden desarrollar en cualquiera de las etapas de los proyectos, que se describe a continuación:

---

<sup>2</sup>Portal Seace Mtc. 2014. Consultorías de inspección de seguridad vial en carreteras nacionales

### **2.3.3.1. Etapa de Diseño. (Elaboración del Proyecto)**

#### **Prefactibilidad y Factibilidad (Planificación)**

En estas etapas del proyecto, una Auditoría de Seguridad Vial puede evaluar el funcionamiento potencial de seguridad analizando el alcance, el trazado de la ruta, la selección de los parámetros de diseño de acuerdo con las especificaciones y los usos del suelo adyacente, el impacto sobre la red existente, la continuidad de la ruta, la disposición de intersecciones, la velocidad máxima de diseño, el control de accesos, el número de carriles, los terminales de la ruta, la infraestructura para peatones, entre otros aspectos.

Los auditores deben visualizar cómo se afecta con el proyecto la continuidad de la red vial adyacente e identificar las necesidades de seguridad de todos los usuarios de la vía, es decir, peatones, pasajeros y conductores. En las áreas urbanas es clave que el auditor analice las zonas de influencia del proyecto, su clasificación por usos del suelo y su integración a la seguridad total del mismo. Es importante tener en cuenta el análisis en distintos escenarios, como condiciones meteorológicas adversas, análisis diurno y nocturno, perfiles de usuarios, entre otros.

#### **Prediseño**

En esta etapa, la ASV inicia su actividad a partir del diseño preliminar. Las consideraciones típicas incluyen los alineamientos, la disposición de las intersecciones, el tipo de vía, el ancho de carril, la pendiente transversal horizontal y longitudinal de la rasante, el peralte, los espacios para vehículos parqueados, conductores y peatones, y los elementos para el control de la operación, entre otros.

Los objetivos primarios en esta etapa son evaluar la seguridad relativa de las intersecciones o intercambios, el alineamiento horizontal y vertical, la sección transversal, la distancia de visibilidad, y otros parámetros de diseño.

En las áreas urbanas se deben incluir dentro de la evaluación los elementos de control para seguridad de peatones y ciclistas, y de acuerdo con los usos del suelo considerar todos los dispositivos e infraestructura que mitiguen el impacto de las obras de infraestructura vial para la seguridad de peatones y residentes. Las auditorías, en esta fase, deben realizarse antes de finalizar la adquisición de terrenos, para evitar complicaciones si se requieren cambios significativos del alineamiento o de la ubicación de infraestructura urbana.

### **Diseño detallado**

Para esta etapa, la auditoría se inicia cuando se termina el diseño detallado y previamente a la realización de los documentos de licitación para ejecutar la obra. Entre los aspectos que se deben tener en cuenta están las características del diseño geométrico final (alineamiento horizontal, vertical y transversal); la señalización vertical y la demarcación horizontal; iluminación; todos los detalles de las intersecciones; distancias a obstáculos laterales; elementos para usuarios especiales de la vía, como peatones, ciclistas, discapacitados, niños, adultos mayores; gerencia temporal del tráfico y control durante la construcción; drenaje, postes y otros objetos al borde de la vía; paisajismo y defensas.

#### **2.3.3.2. Etapa de Construcción.**

##### **Construcción**

En esta etapa, una ASV debe verificar que el proyecto en construcción sea adecuado desde el punto de vista de Seguridad Vial; así mismo, se debe verificar que los desvíos de tránsito y la señalización temporal sean compatibles con la continuidad de ésta, con los tramos no afectados por la construcción y con la transición de la señalización definitiva de toda la obra.

##### **Preoperación**

Antes de dar al servicio una vía o infraestructura urbana que afecte la movilidad, el equipo de la auditoría debe realizar una inspección del sitio para verificar que las necesidades de seguridad de todos los usuarios estén satisfechas, así como determinar si existen condiciones de riesgo que no eran evidentes en la etapa de diseño y de construcción. El equipo de auditoría debe efectuar las inspecciones durante el día y la noche, y en condiciones meteorológicas adversas.

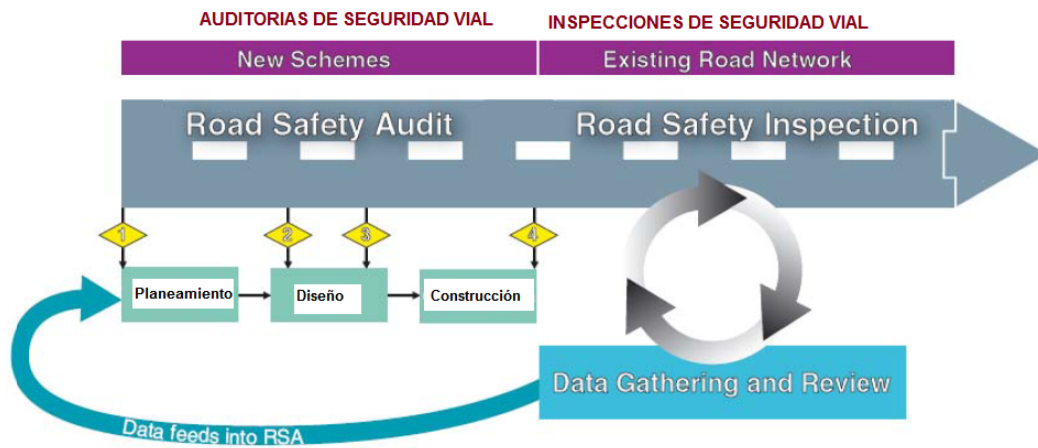
#### **2.3.3.3. Etapa de Operación (Vías en servicio).**

Las Auditorías de Seguridad Vial pueden emprenderse al poco tiempo de dar al servicio la vía o equipamiento urbano. Se obtendría una visión más clara de los puntos críticos a través de la observación de los comportamientos operacionales. Esta etapa implica un examen sistemático de tramos de la red vial existente para evaluar la suficiencia de la vía, de las intersecciones, del mobiliario vial y urbano, del borde de la vía, Etc., desde el punto de vista de la seguridad.

Las medidas correctivas, aunque mucho más costosas en esta fase, todavía pueden resultar eficaces. Las ASV pueden dirigirse también a cualquier sección de una red vial o zona urbana existente para identificar las deficiencias relacionadas con la seguridad. La información recolectada de los informes de accidentalidad es un componente importante para estas auditorías.

Algunos países de Europa como España a las ASV de esta etapa los denominan Inspección de Seguridad vial, que es un proceso sistemático de revisión insitu de una carretera o un tramo de carretera, dirigido por un experto de seguridad vial con el fin de identificar aspectos peligrosos, deficiencias o carencias de la carretera susceptibles de desencadenar.[17]

Figura 2.17: Ciclo de realización de Auditorías e Inspecciones de Seguridad Vial.



Fuente: Manual de Inspecciones de Seguridad Vial.

#### 2.3.4. Aspectos principales a considerar al aplicar ASV.

- Aspectos generales de la vía: Hacer un descripción general de la vía y las características de su entorno [18].
- Usuarios de la vía, con énfasis en los usuarios vulnerables.
- Comportamiento y maniobras de los usuarios.
- Infraestructura, suficiencia o insuficiencia, capacidad y seguridad del servicio para los diferentes usuarios.
- Diseño geométrico: Identificar las condiciones geométricas de la vía para la circulación vehicular en condiciones seguras.
- Intersecciones, cruces, entradas y salidas a la vía.

- Pavimentos.
- Señalización Vertical.
- Señalización Horizontal o demarcación.
- Otros dispositivos de regulación y control.
- Puentes, viaductos, pasos deprimidos y otras estructuras.
- Zonas laterales de la vía.
- Obras de drenaje.
- Pasos por poblaciones.
- Semáforos.
- Iluminación.
- Estacionamientos, parada de buses y similares.
- Obras en la vía.
- Animales en la vía.
- Inestabilidad geotécnica.
- Factores climáticos.
  
- Otros aspectos.

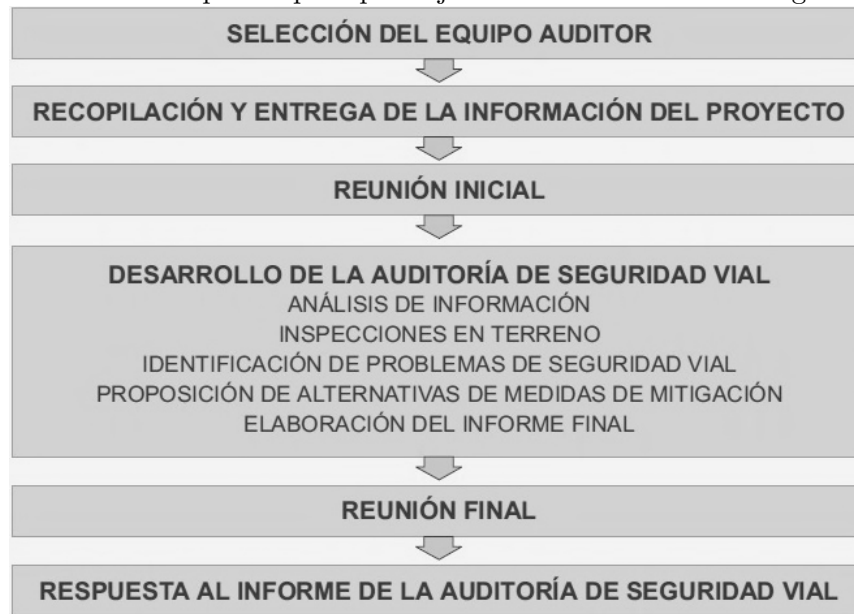
### **2.3.5. Procedimiento de una Auditoría de Seguridad Vial.**

Proceso paso a paso para realizar una Auditoría de Seguridad Vial.

#### **2.3.5.1. Selección del Equipo Auditor.**

El Organismo y/o Entidad quien ordena la ASV selecciona al Equipo Auditor, para lo cual resulta beneficioso tener una lista de auditores potenciales, incluyendo calificaciones y experiencia. En este contexto, es importante crear un registro de Auditores de Seguridad Vial en el país, de modo de ir generando una masa crítica de expertos que tengan el aval de una institución como, por ejemplo, el Concejo Nacional de Seguridad Vial, de modo de asegurar un cierto nivel, fomentando la capacitación y formación de profesionales.

Figura 2.18: Proceso paso a paso para ejecutar una Auditoría de Seguridad Vial.



Fuente: Auditorías de Seguridad Vial, experiencias en Europa. Jacobo Díaz Pineda.

### 2.3.5.2. Recopilación y Entrega de la Información del Proyecto.

El Organismo y/o institución es responsable de entregar toda la documentación relevante del proyecto incluyendo informes, planos, datos, documentos del contrato y, donde se requiera, información del flujo vehicular.

### 2.3.5.3. Reunión Inicial.

La reunión inicial se celebra normalmente entre el equipo auditor, el Organismo y, según corresponda a la etapa del proyecto, el proyectista, constructor o encargado de la mantención de la vía. Su objetivo es familiarizar al equipo auditor con los alcances del proyecto, informar respecto de la seguridad e informar de cualquier problema detectado durante las etapas de planificación, diseño, o construcción. En esta reunión se asignan responsabilidades, y se establecen líneas de comunicación. El equipo auditor puede explicar el proceso de la ASV. Se deben entregar y discutir los términos de referencia a cumplir, así como los requisitos especiales.



#### 2.3.5.4. Desarrollo de la Auditoría de Seguridad Vial.

Después de la reunión inicial, es responsabilidad del equipo auditor evaluar la documentación del proyecto y realizar visitas a terreno para identificar los problemas relativos a la seguridad del proyecto.

##### 1. Auditoría de Seguridad Vial a Carreteras.

Los pasos generales del proceso de la ASV son comunes para todas las etapas, sin embargo existen ítems específicos que conviene detallar para cada etapa del proyecto, como por ejemplo:

##### **Antecedentes del Proyecto:**

El Organismo debe entregar al equipo auditor todos los antecedentes necesarios antes de comenzar la ASV. Esta información permitirá desarrollar un diagnóstico acabado del proyecto a auditar, y programar el procedimiento a aplicar en la etapa que corresponda. Esta información puede ser fundamental para entender algunos problemas de Seguridad Vial que se detecten más adelante.

Para ASV en la etapa de Diseño, se requieren al menos los siguientes antecedentes:

- a) Alcance, metas y objetivos del proyecto.
- b) Restricciones generales del proyecto.
- c) Ruta seleccionada y opciones de trazado.
- d) Continuidad con las redes viales adyacentes y usos del suelo.
- e) Restricciones ambientales y geotécnicas.

- Para ASV en la etapa de Construcción, se deben de entregar informes de ASV anteriores e información relevante como los usuarios esperados de la vía.

- Para ASV aplicadas en la etapa de Operación o vías existentes, se requieren los siguientes antecedentes:

- a) Flujo de todos los usuarios del camino.
- b) Información de accidentes.
- c) Informe de auditorías anteriores si están disponibles; y
- d) Planos de Construcción.

### **Análisis de los Antecedentes.**

Una vez recopilados todos los antecedentes, el equipo auditor analiza y evalúa toda la información disponible. Para las ASV en las etapas de factibilidad, de diseño preliminar, de diseño de detalle, construcción y preapertura, el equipo auditor debe revisar principalmente la información contenida en los planos, lo cual proporciona la oportunidad de considerar los posibles impactos del diseño sobre todos los usuarios de la vía. Si la ASV se está realizando en la etapa de postapertura, o en operación, el equipo debe analizar toda la información pertinente tal como informes de accidentes, y otra información relevante.

El análisis de los informes de accidente no se utiliza como análisis de puntos negros, sino que como una ayuda para los auditores en la determinación de áreas con potenciales problemas de seguridad (tramos críticos de frecuencia de accidentes). Esto hace a la auditoría proactiva más bien que reactiva.

### **Inspecciones en Terreno.**

El trabajo en terreno se requiere en todas las etapas porque provee al equipo un conocimiento de las condiciones existentes. Previo a ello, el equipo debe familiarizarse con las listas de chequeo (detallado mas adelante) para asegurar una exploración productiva y con ello recoger los aspectos relevantes. El uso de listas de chequeo es un apoyo para asegurarse de que se tratan todos los aspectos relevantes relacionados con la seguridad. Para ASV aplicadas en la etapa de factibilidad, de diseño preliminar y diseño de detalle, el equipo debe realizar una inspección en terreno sobre el sitio sin construir, para completar un análisis preliminar. El equipo auditor debe examinar la transición entre cualquier vía nueva con las existentes para asegurar que hay coherencia desde una perspectiva multimodal. Esto incluye ciclistas y conductores de la tercera edad (a quienes en otros países se les considera especialmente), los conductores de camiones y de buses, peatones, niños, invalidados, vehículos todo terreno, y otros. Las ASV realizadas en las etapas de la preapertura, post-apertura, y en las vías existentes, se deben estudiar las características físicas del proyecto en terreno. Estos exámenes implican la evaluación de la señalización, iluminación, demarcaciones, delineación y de las características geométricas. El equipo debe identificar los problemas que pueden afectar la percepción de los usuarios de la vía o restringir la distancia de visibilidad.

En el caso de las ASV en la etapa de preapertura, la revisión debe realizarse lo más cercano posible a la fecha de apertura, dejando eso sí, un plazo para que puedan ejecutarse las modificaciones que se deban realizar a partir del informe de la ASV. En proyectos más grandes, una ASV en la preapertura se puede realizar por partes. Es importante recorrer la vía en ambos sentidos, de día y de noche y en condiciones atmosféricas adversas si es posible. Se debe prestar especial atención al borde y entorno de la vía. Las fotografías y filmaciones se pueden utilizar para capturar las características de la vía para discusiones posteriores. El equipo no debe desviar su atención hacia aspectos que no tienen relación con la seguridad.

### **Resultados de la Auditoría.**

Después de realizar la inspección en terreno, toda la información se analiza y se elabora el informe con los resultados de la ASV. Se sugiere presentar los resultados de la ASV en dos partes, la primera identificando los problemas tipo, o generales, de seguridad que presenta el proyecto vial (por ejemplo señalización en mal estado, pavimentos deteriorado, entre otros), y la segunda el detalle con las deficiencias específicas detectadas (por ejemplo, entre el km. 90 y 120 existen roturas en el pavimento que hacen que los vehículos realicen maniobras repentinas para esquivarlos, o entre el km. 250 y 280 existe cruce de animales por la vía). Las fotografías pueden resultar muy útiles para ilustrar los problemas mencionados. Es decir, el informe debe ser breve pero buen resumen de las deficiencias identificadas durante las visitas a terreno y la revisión de la documentación asociada. También se sugiere incluir recomendaciones generales a los problemas detectados (por ejemplo, demarcar pistas de una vía, retirar señales verticales redundantes, cambiar prioridad en una intersección, entre otras).

El informe debe describir clara y sucintamente el proyecto, los miembros del equipo auditor, el proceso empleado para la ASV, todos los problemas de seguridad identificados, y contramedidas generales propuestas.

## **2. Auditoría de Seguridad Vial a proyectos viales menores.**

La ASV se puede también utilizar para evaluar proyectos menores tales como cambios en el diseño de una sección de una vía, en realineamientos, ensanchamiento de una pista auxiliar en una intersección, entre otros. Dado que los aspectos de seguridad variarán entre una y otra vía, es necesario adecuar las

listas de chequeo a tipos de proyectos a auditar, y tener en cuenta que para proyectos menores puede que no sea necesario aplicar una ASV en todas las etapas de un proyecto.

### 3. Auditoría de Seguridad Vial a vías urbanas.

En la literatura disponible, la aplicación de ASV se centra preferentemente en proyectos viales rurales o interurbanos (carreteras). Sin embargo, también se puede aplicar a proyectos viales urbanos, tales como una red vial, tramos o sección de vías, un proyecto menor nuevo o existente, a intersecciones, entre otros. La aplicación de ASV a zonas urbanas es relevante, ya que en ellas, por lo general, se concentra la mayor cantidad de accidentes.

#### 2.3.5.5. Documentación e Informe de la ASV.

El informe de la ASV debe identificar en forma clara y precisa, los aspectos de un proyecto que pueden afectar negativamente el nivel de la seguridad para los usuarios de la vía. No es responsabilidad del equipo auditor proporcionar recomendaciones específicas para solucionar las deficiencias de seguridad. Existe más de una forma para presentar los resultados de una ASV. Un método consiste en jerarquizar los resultados por orden de importancia, identificando los de mayor peligro de seguridad, y que requieren de una solución inmediata, con palabras tales como "PARA ATENCIÓN INMEDIATA". Cualquier problema de seguridad que el equipo auditor considere de mayor riesgo se debe identificar como "IMPORTANTE". El uso de estos términos no implica que otros problemas de seguridad detectados en la ASV sean poco importantes.

No obstante, lo anterior podría dar lugar a que el Organismo, involuntariamente al revisar el informe de la ASV, decida que los problemas no destacados, o señalados como de menor importancia, reciban menos consideración o no sean tratados dentro un tiempo razonable. El equipo auditor debe considerar otras categorías en el informe o dar una clara prioridad a los problemas detectados. La preocupación es si cualquier problema que el equipo auditor estime que no requiera la atención del Organismo dentro de un tiempo razonable, debe ser incluida en el informe de la ASV. Si un problema de seguridad no es lo suficientemente importante, o responde a puntos de vistas personales de los miembros del equipo auditor, no debería ser incluido en el informe de la ASV.

#### **2.3.5.6. Reunión Final.**

Una vez que el informe de la ASV se ha concluido, es presentado por el equipo auditor en una reunión final, en la cual las partes involucradas comentan y discuten los resultados de la ASV. A esta reunión debe asistir el equipo auditor, el Organismo, el equipo de diseño o cualquier otro profesional que pudiera estar implicado en formular respuestas a los resultados de la ASV. El objetivo de la reunión final es fomentar un diálogo constructivo, centrado en los resultados del informe de la ASV. La reunión proporciona la oportunidad de:

- Presentar formalmente los resultados de la ASV y aclarando en el momento cualquier duda.
- Sugerir mejoras a la estructura del informe.
- Discutir las posibles medidas de mitigación a los problemas identificados, y
- Fijar el tiempo que requerirá el Organismo para elaborar su respuesta.

Es importante que un tono positivo, constructivo, y cooperativo se manifieste en la reunión, destacándose que la finalidad de la ASV es simplemente realzar el nivel de seguridad del proyecto final y no una crítica a los profesionales del equipo de diseño. Es esencial que todos entiendan que una ASV es beneficiosa para el desarrollo del proyecto. Debe existir un esfuerzo especial para asegurar de que los implicados se han familiarizado con el proceso de la ASV.

#### **2.3.6. Tramos de Concentración de Accidentes (TCA).**

##### **2.3.6.1. Definición.**

Es un tramo donde el nivel de riesgo del accidente es significativamente superior al medio en los tramos con características semejantes y en los que una actuación de mejora de la infraestructura puede conducir previsiblemente a una reducción efectiva de la accidentalidad. [6]:

- Número de accidentes con víctimas en relación al flujo vehicular.
- Longitud no superior 03 Km, salvo justificación.
- En vías con más de 03 años de servicio.
- Proponer medidas correctivas o preventivas adecuadas.

Figura 2.19: Señalización para indicar tramos de concentración de accidentes.



Fuente: Página web del DGC España.

### 2.3.6.2. Métodos para determinar TCA.

Existen metodologías basadas en accidentes para su determinación, cabe distinguir entre los métodos los basados en "modelos estadísticos" que identifican los TCA a partir de los accidentes esperados (modelos de predicción de accidentes) y los "no basados en modelos estadísticos" cuyo principio consiste en detectar los TCA a partir de los accidentes observados.

#### 1. Métodos de control de calidad/métodos estadísticos.

Los métodos de control de calidad basan la identificación de TCA en la comparación del número/tasa de accidentes observados dentro de un tramo con una tipología determinada (secciones de carretera, curvas de determinado radio, intersecciones en T) con el "número/tasa normal de accidentes" que se produce en un tramo de características semejantes[6].

- a. **Número crítico de accidentes:** Un TCA se definiría como aquel tramo (sección o intersección) en el que se registra un número de accidentes significativamente mayor que el "número de accidentes normal" de otros tramos de características semejantes de la carretera. Por ejemplo, una intersección en "T" se consideraría como TCA si el número de accidentes que se registra en dicha intersección es significativamente superior al obtenido en el resto de intersecciones en "T" de la red. El "número de accidentes normal" o "umbral crítico de accidentes" se obtiene a partir de aproximaciones estadísticas:

**N° crítico asumiendo que los accidentes siguen una distribución de Poisson:**

$$N_{critico} = N_{medio} + k \cdot \sqrt{N_{medio}} + \frac{1}{2} \quad (2.3.1)$$

Donde:

$N_{critico}$  = Número crítico de accidentes para una determinada localización (sección/intersección)

$N_{medio}$  = Media de accidentes en los tramos de similares características.

$k$  = factor de probabilidad determinado por el nivel de significación deseado para el  $N_{critico}$ . Por ejemplo,  $k=1.645$  para un intervalo de confianza del 95%. Lo que significa que existe un 5% de probabilidad de que dicha localización registre un número de accidentes significativamente superior a la media de los tramos de características similares.

**N° crítico asumiendo que los accidentes siguen una distribución normal:**

$$N_{critico} = N_{medio} + k \cdot \sigma \quad (2.3.2)$$

Donde:

$N_{critico}$  = Número crítico de accidentes para una determinada localización (sección/intersección).

$N_{medio}$  = Media de accidentes de los tramos de similares características.

$\sigma$  = Desviación típica de los accidentes de los tramos de características semejantes. La desviación típica es una medida de dispersión que indica cuánto tienden a alejarse los valores puntuales del promedio en una distribución.

$k$  = factor determinado por el nivel de significación deseado para el  $N_{critico}$ .

- b. **Índice de peligrosidad crítico:** Un TCA se definiría como aquel tramo (sección o intersección) que presenta un índice de peligrosidad significativamente mayor que el "índice de peligrosidad normal" de otros tramos de características semejantes de la carretera. El "índice de peligrosidad normal" o "índice de peligrosidad crítico" se obtiene a partir de aproximaciones estadísticas:

**IP<sub>crítico</sub> asumiendo que los accidentes siguen una distribución de Poisson:**

$$IP_{critico} = IP_{medio} + k \cdot \sqrt{\frac{IP_{medio}}{V}} + \frac{1}{2 \cdot V} \quad (2.3.3)$$

Donde:

$IP_{critico}$  = Índice de peligrosidad crítico de accidentes para una determinada localización (sección/intersección)

$IP_{medio}$  = Índice de peligrosidad medio de los tramos (secciones/intersecciones) de similares características.

$k$  = factor de probabilidad determinado por el nivel de significación deseado para el  $IP_{crítico}$ . Por ejemplo,  $k=1.645$  para un intervalo de confianza del 95 %.

$V$  = Medida de la exposición de la sección (Intensidad media diaria (IMD) de la sección) o intersección particular (millones de vehículos que entran y salen en la intersección).

**IP<sub>crítico</sub> asumiendo que los accidentes siguen una distribución normal:**

$$IP_{critico} = IP_{medio} + k \cdot \sigma \quad (2.3.4)$$

Donde:

$IP_{critico}$  = Índice de peligrosidad crítico de accidentes para una determinada localización (sección/intersección)

$IP_{medio}$  = Índice de peligrosidad medio de los tramos de similares características.

$\sigma$  = Desviación típica de los IP de los tramos de características semejantes, la desviación típica es una medida de dispersión que indica cuánto tienden a alejarse los valores puntuales del promedio en una distribución.

$k$  = factor determinado por el nivel de significación deseado para el  $IP_{crítico}$ .

## 2. Método de la Ventana Flotante del HSM.

Esta metodología recomendada por el Highway Safety Manual 2010 [19], consiste en una evaluación sistemática a lo largo de la vía para identificar tramos donde los accidentes se concentran en función a:

- Proximidad entre accidentes.
- Cantidad de accidentes.
- Longitud determinada por el especialista.



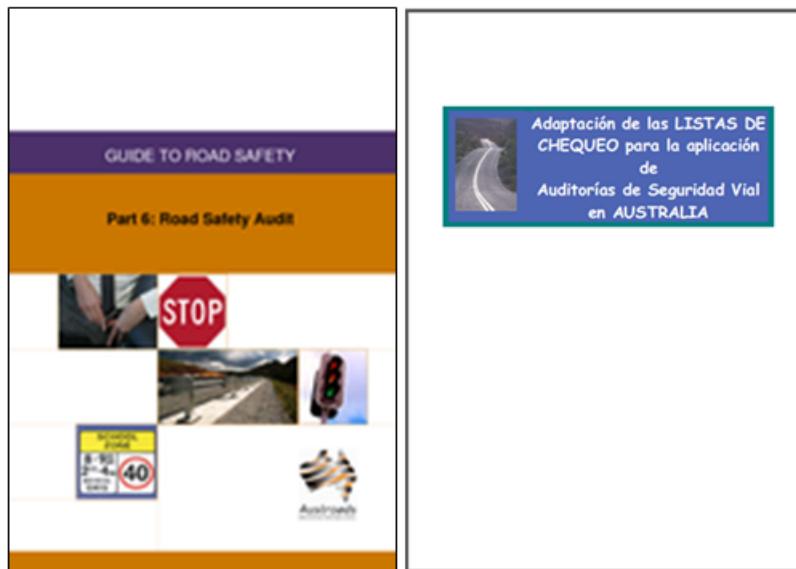
### 2.3.7. Principales Guías de Auditoría de Seguridad Vial.

Existe una serie de Guías y Manuales de Auditorías de Seguridad Vial para carreteras o vías urbanas que fueron elaborados en diferentes países, quienes tienen mayor tiempo trabajando en temas de Seguridad Vial, cada guía fundamentada con la realidad y normativa del país respectivo, no existe una Guía Universal de ASV, se mencionan los siguientes:

#### 2.3.7.1. Guide to Road Safety Audit - Australia.

Australia es uno de los países más avanzados y con mayor experiencia del mundo en Auditorías de Seguridad Vial.

Figura 2.20: Guide to Road Safety Part 6: Road Safety Audit (Austroads).



Fuente: Página web Guide to Road Safety Audit.

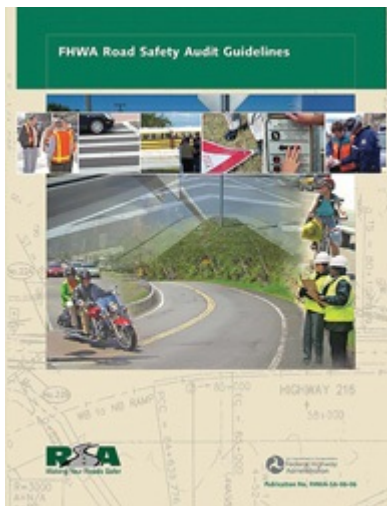
En esta guía se revisa y actualiza la segunda edición de la Guía de Auditoría Austroads Seguridad Vial del 2002[3]. Proporciona una completa introducción al proceso de Auditoría de la Seguridad Vial. Diseñada para el uso de planificadores de Seguridad Vial, ingenieros de transporte, policía, académicos, organizaciones locales, provinciales, estatales y el gobierno nacional, funcionarios, estudiantes, investigadores, consultores y otros. La guía proporciona una visión global del proceso de Auditoría de la Seguridad Vial. Se proporcionan detalles claros del proceso, junto con una serie de estudios de casos de auditoría ya realizados. La guía incluye capítulos sobre la responsabilidad legal, costos y beneficios, el proceso de auditoría, los principios de

seguridad y las cuestiones técnicas que deben tenerse en cuenta en la Ingeniería de la Seguridad Vial. Incluye listas de verificación actualizados para su uso en la evaluación de diseños de la carretera y la inspección de los sitios del proyecto en las diferentes etapas del desarrollo de un proyecto. Estas listas se pueden imprimir fuera de la versión electrónica de la guía para su uso en el campo.

### 2.3.7.2. Road Safety Audit Guidelines - FHWA - E.E.U.U.

Este documento fue publicado el año 2006 y se desarrolló con el patrocinio del Federal Highway Administration (FHWA) de los Estados Unidos [4]. Tiene por objetivo orientar a las agencias públicas en el desarrollo de sus propios programas de Auditorías de Seguridad Vial así como apoyarlas en el establecimiento de sus propias políticas y procedimientos.

Figura 2.21: FHWA Road Safety Audit Guidelines - Guía de Auditoría de Seguridad Vial- Estados Unidos.



Fuente: Página web Road Safety Audit Guidelines FHWA.

Este documento sirve como una guía coherente para conducir a una mejor comprensión de los conceptos básicos de las Auditorías de Seguridad Vial y promover el desarrollo de las mismas. Las directrices de esta Guía fueron desarrolladas a través de experiencias adquiridas en los Estados Unidos y en otros países. Tienen el propósito de presentar los principios básicos de las inspecciones, para alentar a los organismos públicos a ponerlas en práctica y convertirlas en actividades rutinarias.

### 2.3.7.3. Manual de Inspección de Seguridad Vial de la Red de Carreteras de Andalucía - España.

Este Manual de Inspección de Seguridad Vial de la Red Autonómica de Carreteras de Andalucía[5], editado por la Junta de Andalucía (España), fue una de las primeras guías en definir el contenido que debe desarrollarse en las inspecciones. El manual también incluye exhaustivas listas de chequeo a aplicar, en función del tipo de vía.

Figura 2.22: Manual de Inspección de Seguridad Vial de la Red de Carreteras de Andalucía - España.



Fuente: Página web, Manual de Inspecciones de Andalucía.

### 2.3.7.4. Directiva 2008/96/CE del Parlamento Europeo.

Directiva 2008/96/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre Gestión de la Seguridad de las Infraestructuras Viarias[6]. Dicha directiva regula el establecimiento y aplicación de los métodos de actuación en materia de gestión de la seguridad de las infraestructuras para las vías pertenecientes a la Red de Carreteras del Estado que forman parte de la Red Transeuropea de Carreteras.

Uno de estos procedimientos son las *Auditorías de Seguridad Viaria*, definidas como la comprobación independiente, pormenorizada, sistemática y técnica de la seguridad de las características de diseño de los proyectos de infraestructuras viarias, aplicada a las diferentes fases que van desde el anteproyecto a la explotación en su fase inicial.

#### 2.3.7.5. Guía para realizar una Auditoría de Seguridad Vial-Chile.

- Denominado: "Guía para realizar una Auditoría de Seguridad Vial", [7] publicado la primera edición en el año 2003, por la Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito (CONASET).

Figura 2.23: Guía Para Realizar una Auditoría de Seguridad Vial - Chile.



Fuente: Página web Guía Para Realizar una Auditoría de Seguridad Vial - Chile.

- El propósito de esta Guía es proveer a organismos y profesionales una orientación para llevar a cabo una Auditoría de Seguridad Vial (ASV). Esta metodología está basada en experiencias desarrolladas y documentadas a nivel internacional por los países que llevan más tiempo trabajando en este tema tales como Inglaterra, Australia, Nueva Zelanda y Canadá entre otros. La idea es adaptar estas experiencias a la realidad chilena, sin pretender entregar una receta única, sino más bien dar los primeros lineamientos de esta técnica que está ganando cada vez más espacios en el mundo, en la aspiración de disminuir los accidentes de tránsito y sus consecuencias.
- Esta Guía entrega una descripción práctica y sugiere elementos a considerar en las ASV emprendidas en cualquiera de las etapas de un proyecto (factibilidad, diseño, construcción, explotación y mantención).
- El contenido de esta guía tiene la siguiente estructura.

- Listas de Chequeo (General y detallada) para realizar una ASV.
- Proyectos Rurales: Etapas: Factibilidad, Diseño preliminar, Diseño en Detalle, Pre-Apertura, Con trabajos en la vía y Vías existentes.
- Proyectos Urbanos: Vías urbanas.
- Cruces Ferroviarios: Cruces Ferroviarios.

### 2.3.7.6. Manual de Auditorías de Seguridad Vial - Colombia.

- Denominado "Manual de Auditorías de Seguridad Vial" publicado en el año 2005 [8], por la Secretaría de Tránsito y Transporte de Bogotá (STT).

Figura 2.24: Manual de Auditorías de Seguridad Vial - Colombia.



Fuente: Página web Manual de Auditorías de Seguridad Vial - Colombia.

- La administración distrital y en particular la Secretaría de Tránsito y Transporte de Bogotá (STT) han tomado acciones tendientes a disminuir los preocupantes índices de accidentalidad que se presentan en la ciudad, y entre sus estrategias está la elaboración del presente Manual de Auditorías de Seguridad Vial. Con el convencimiento de que es oportuno actuar de inmediato en la prevención y de que en su mayoría los accidentes de tránsito son evitables o al menos previsibles, dado que se conocen los patrones de comportamiento, la voluntad política es indispensable para alcanzar estas metas.
- Estas auditorías aparecen en nuestro medio hace poco; antes sólo se realizaban estudios de Ingeniería de tránsito como los siguientes: Identificación de puntos críticos, o de manera ampliada en la identificación de tramos de alta concentración de accidentes (TAC), estudios generales de accidentalidad y seguridad

vial, estudios de implantación de medidas preventivas y correctivas, investigación de accidentes de tránsito, reconstrucción de accidentes, eficacia de las medidas (estudios de "antes y después"), estudios específicos de seguridad vial, análisis de condiciones de velocidad y tráfico, Estudios de costos de accidentes, Revisiones de la consistencia en el diseño, Predicción de accidentes, entre otros.

**Lista de chequeo.**

Etapas.

1. Diseño.
2. Construcción.
3. Operación.

**2.3.8. Listas de Chequeo "Check list".**

Las listas de chequeo se utilizan como una herramienta para la organización y revisión de los elementos y condiciones iniciales que un equipo de profesionales experto en Auditorías de Seguridad Vial puede apreciar, con el fin de realizar un diagnóstico inicial rápido sobre los posibles riesgos para la seguridad vial de una infraestructura y orientar los análisis posteriores, de acuerdo con las áreas o sectores más críticos.

La metodología de la lista de chequeo o de control proviene de los estándares utilizados desde hace mucho tiempo por la aviación y las empresas aéreas de transporte de pasajeros. Consiste en un protocolo ordenado, riguroso y lógico de secuencias de elementos que hay que revisar a manera de *aide memoire* o ayuda de memoria, con el objeto de que no se omita ninguno de los pasos y facilite el control operacional de todas las actividades. Producto del análisis de las listas aplicadas en los países ya mencionados, se presenta a continuación un análisis global de listas de chequeo para Auditorías de Seguridad Vial respecto a su estructura, uso y aplicación.

Estas listas proporcionan ítems que se deben considerar, agrupados por áreas (p.e., alineamientos, intersecciones, superficie de rodadura, ayudas visuales, objeto físico y otros). Las listas de chequeo sólo deben servir como una guía para el equipo que ejecuta la Auditoría de Seguridad Vial.

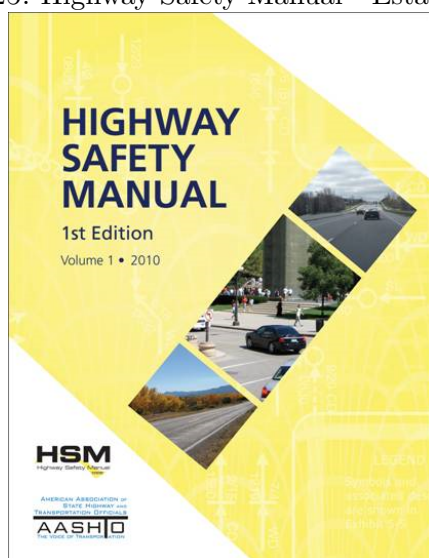
Cada técnico integrante del equipo auditor debe usarlas durante el proceso de la Auditoría. Este equipo debe tener la formación profesional en la materia, de manera que las Auditorías de Seguridad Vial se lleven a cabo con máximas garantías de éxito.

## 2.4. Metodologías del Highway Safety Manual (HSM) con las Auditorías de Seguridad Vial.

### 2.4.1. Alcances del HSM.

El *Highway Safety Manual*[19] en castellano Manual de Seguridad Vial publicada por AASHTO 2010, informa y provee metodologías y herramientas para análisis cuantitativos de seguridad, en términos de frecuencia y gravedad de accidentes.

Figura 2.25: Highway Safety Manual - Estados Unidos.



Fuente: Página web Highway Safety Manual.

El HSM reúne las mejores herramientas actuales de análisis, lo cual produce estimaciones más fiables del rendimiento de seguridad para la toma de decisiones; esto debería dar lugar a inversiones de seguridad con mayor efectividad de costo, cuyo resultado es más vidas salvadas y daños evitados por cada costo invertido, objetivo fundamental de la Ingeniería de Seguridad Vial.

Fuera de los EE.UU. y Canadá, el HSM se debe aplicar con precaución. Los modelos y resultados de la investigación pueden no ser aplicables en otros países; por ejemplo los sistemas de caminos, instrucción y comportamiento de conductores, frecuencias de accidentes y los patrones de la gravedad pueden ser muy diferentes. Las técnicas presentadas en el HSM deben calibrarse mediante un proceso formal descrito en ese documento.[20]

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

1. Parte A: Introducción, factores humanos, y fundamentos.
2. Parte B: Proceso de administración de la Seguridad Vial.
3. Parte C: Métodos predictivos.
4. Parte D: Factores de modificación de colisiones (accidentes) (CMF).

El HSM es una recopilación de:

- Métodos para desarrollar un efectivo programa de administración de seguridad vial y la evaluación de sus beneficios.
- Métodos de predicción para estimar la frecuencia y gravedad de accidentes, y apoyar la toma de decisiones de proyecto.
- Catálogo de CMF (Factor de modificación de colisiones) para estimar el efecto de una variedad de tratamientos geométricos y operativos.

Con los conocimientos, herramientas, y metodologías del HSM se puede:

- Identificar los lugares con mayor potencial para reducir la frecuencia o gravedad de accidentes.
- Identificar los factores que contribuyen a los accidentes y las contramedidas posibles para mitigar estas cuestiones.
- Realizar evaluaciones económicas que incorporan los beneficios de seguridad y priorizan sobre la base del beneficio estimado de seguridad.
- Evaluar la efectividad de seguridad de los tratamientos aplicados o por aplicar.
- Anticipar los beneficios de seguridad asociados con varias opciones de diseño.
- Incorporar estimaciones cuantitativas de seguridad en todas las evaluaciones de mejoramientos alternativos.



### 2.4.2. Exposición e Índice de accidentalidad.

Para determinar tramos con mayor riesgo de accidentalidad que está en función a su volumen vehicular, número histórico de accidentes y su longitud.

#### 2.4.2.1. Exposición promedio (E).

$$E = \frac{(IMD * 365 * L)}{1,000,000} \quad (2.4.1)$$

Donde:

*L*: Longitud de la vía.

*IMD*: Índice medio diario de tráfico.

*N*: Número de accidentes.

#### 2.4.2.2. Índice de Accidentalidad (I).

$$I = \frac{N}{E} \quad (2.4.2)$$

#### 2.4.2.3. Índice Relativo de Accidentalidad (IR).

$$IR = \frac{I_{tramo i}}{I_{totalavia}} \quad (2.4.3)$$

### 2.4.3. Métodos Predictivos del HSM.

#### 2.4.3.1. Métodos Predictivos.

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

Se proporciona un método predictivo para estimar la frecuencia media de accidentes esperada de una red, instalación, o sitio individual. La estimación se puede hacer para las condiciones existentes, condiciones alternativas, o nuevas propuestas de caminos. El método predictivo se aplica para un determinado lapso, volumen de tránsito, y características de diseño geométrico constantes del camino. Se aplica en el desarrollo y la evaluación de múltiples soluciones para un lugar específico. Para las funciones de rendimiento de seguridad SPF, pueden utilizarse modelos estadísticos para estimar la frecuencia media de accidentes esperados en caminos de cierto tipo, para los Sgtes:

- Caminos rurales de dos carriles.
- Caminos rurales multicarriles.
- Caminos arteriales urbanos/suburbanos.
- Segmentos de caminos.
- Intersecciones.
- Distribuidores.
- Instalaciones especiales y situaciones geométricas especiales.
- Redes de caminos.

### Funciones de Predicción (SPFs)

- Son ecuaciones regresivas.
- Predicen el promedio de accidentes/año en una intersección o segmento vial.
- Son funciones no lineales que evitan la suposición que los accidentes varían linealmente con el volumen de tráfico.
- $SPF = f(\text{volumen IMD, número de carriles, diseño, control del tráfico.})$
- SPF para segmentos de carreteras rurales de dos carriles. Ejemplo:

$$N_{SPF} = 1.95 + \left(\frac{IMD}{10,000}\right)^{0.71} e^{0.53\left(\frac{IMD}{10,000}\right)} \quad (2.4.4)$$

Donde:

$N_{spf}$  = Predicción de accidentes anuales por milla en vías rurales de dos carriles.

$IMD$  = Volumen de tráfico medio diario anual (veh./día) en un segmento determinado.

### Condiciones de base calculadas con la SPF correspondiente.

$$N_{spf} = (IMD) * (L) * (365) * 10^{(-6)} * e^{(-0.4865)} \quad (2.4.5)$$

### Adaptadas a condiciones locales.

$$N_{predictivo} = N_{spf} * (CMF_{1x} * CMF_{2x} * \dots * CMF_{xy}) * C_x \quad (2.4.6)$$

Donde:

$N_{predictivo}$  = Frecuencia promedio de accidentes mediante método predictivo.

$CMF$  = Factor de modificación de colisiones.

$Cx$  = Factor de calibración local.

#### 2.4.3.2. Método Empírico de Bayes (EB)

El método empírico de Bayes (EB) se utiliza para combinar la estimación de un modelo predictivo con datos de accidentes observados para obtener una estimación más fiable de la frecuencia de caída promedio esperado.

##### Nobservado

- Datos de campo

##### Npredictivo (SPFs)

- Calculados usando modelos de regresión (SPF)
- Basados en intersecciones o autopistas similares
- Hechos para condiciones BASE

##### Nestimado

- Estimación mas robusta.
- Método de Bayes (EB).
- Frecuencia promedio estimada de accidentes.
- Combinación de Npredichos y Nobservados.

$$N_{estimado} = w * N_{predictivo} + (1 - w) * N_{observado} \quad (2.4.7)$$

$$w = \frac{1}{1 + k * \left( \sum_{\text{años de estudio}} N_{predictivo} \right)} \quad (2.4.8)$$

Donde:

$w$ : promedio ponderado.

$k$ : parámetro de dispersión estadística.

#### 2.4.4. Factores de Modificación de Colisiones (CMFs).

Es un índice que explica la variación de accidentes asociada con una modificación en el diseño o en el control del tráfico. Estos CMFs están disponibles tanto en la

CMF Clearinghouse [21] como también en el Manual de Seguridad Vial (Highway Safety Manual) Parte D, publicado por AASHTO el 2010.

El CMF Clearinghouse es operado por el Departamento de Transporte de la Administración Federal de Carreteras de Estados Unidos y mantenido por el Centro de Investigación de Seguridad en las Carreteras de la Universidad de Carolina del Norte. Un CMF es un factor multiplicador usado para calcular el número esperado de colisiones tras la implantación de una medida en un sitio específico. Es necesario remarcar que un CMF representa la reducción esperada de accidentes a largo plazo y que dicha estimación se basa en la experiencia de varios estudios; la reducción real obtenida final puede variar.

$$CMF = \frac{E_t}{E} \quad (2.4.9)$$

Donde:

$E_t$  = Frecuencia esperada de accidentes con tratamiento t.

$E$  = Frecuencia esperada de accidentes sin tratamiento.

#### Tres rangos posibles de los CMF:

- CMF = 1.00 : El tratamiento no tiene efecto en la frecuencia esperada de accidentes.
- CMF <1.00 : El tratamiento reduce la frecuencia esperada de accidentes.
- CMF >1.00 : El tratamiento incrementa la frecuencia esperada de

#### 2.4.5. Análisis Costo - Beneficio.

El análisis de costo/beneficio se utiliza para comparar el costo de realizar un determinado proyecto (implementar una contramedida) en comparación con el beneficio económico que se obtiene al reducir accidentalidad - debido a esa contramedida.

Este análisis se puede utilizar también para priorizar contramedidas y determinar los proyectos de mayor beneficio al menor costo.

## 2.5. Implementación de políticas, técnicas y medidas de Seguridad Vial - modelo "Visión Zero"

Los países con menor siniestralidad vial europea son Reino Unido, Holanda y Suecia. Ello implica a seguir modelos y programas exitosos de estos países.

**Reino Unido**, tiene el objetivo de Mejorar la Seguridad desde la escuelas hasta los medios de comunicación.

**Holanda**, propone la "Seguridad Sostenible" que es cambiar el diseño de las infraestructuras, adaptándolos a limitaciones humanas para "Reducir la gravedad de sus accidentes" con 03 aspectos: Funcionalidad, Homogeneidad y Predictibilidad.

**Suecia**, con el programa "Visión Zero" enfocándose en la Educación Vial y la Infraestructura.

El modelo "Visión Zero" es un programa que da más importancia a la Educación Vial y a las Infraestructuras que a la persecución de los infractores. El punto de vista sueco es que "los accidentes ocurren" y eso no tiene por qué convertir en criminales a los que los causan. Creen que la responsabilidad debe ser compartida entre conductores y autoridades, poniendo el énfasis en la educación de los primeros y la inversión de las segundas.

La política denominada "Visión Zero" aprobado por el parlamento sueco en octubre de 1997, con el objetivo último de la prevención de muertes y lesiones graves. Es una visión radical que ha hecho de Suecia en un líder internacional en el ámbito de la Seguridad Vial. Cuando la Visión Cero lanzó por primera vez, Suecia registró 07 muertes de tránsito por cada 100,000 personas; hoy en día, a pesar de un aumento significativo en el volumen de tráfico, ese número es menos de 03. Para comparar, el número de muertes en carretera en los Estados Unidos es de 11.6 por 100,000.

En un enfoque tradicional, el problema que se trata de resolver es el problema con los accidentes. Y cuando se hacen los estudios en profundidad, se observa que el factor humano está implicado en el 90%. Así que nos centramos en gran medida de cómo se puede evitar que ocurran accidentes, ¿cómo se puede cambiar el comportamiento humano? y ese tipo de cosas.

Pero en la *Visión Zero*, el accidente no es el principal problema. El problema es que

las personas se mueren o resultan heridos gravemente. Y la razón por la que la gente se de lesiones graves es principalmente porque la gente tiene un cierto umbral en el que podemos tolerar la violencia externa, la energía cinética. Una de las cosas más importantes con la Visión Cero ahora es poner explícitamente sobre la mesa. Es como si estamos hablando acerca del medio ambiente, y usted sabe que tiene un cierto umbral cuando se trata de veneno, o lo que sea. Puede tolerar hasta un cierto nivel.

Los responsables de las Políticas de Seguridad Vial integrales en todos los niveles llevan a cabo la implementación de las medidas o prácticas de manera efectiva y eficiente[22]. Una vez que las medidas han sido identificadas, es necesario asignarles a éstas una responsabilidad sobre quien lo hará. Dicho equipo una vez terminada la fase del diseño debe terminar el efecto de la misma. Para ello es necesario establecer objetivos específicos, medibles, alcanzables, relevantes y con plazos determinados.

La diferencia entre este tipo de metodología y la declaración de actos es que esta necesariamente requiere de mayor elaboración. Este tipo de trabajo trae como consecuencia definir un marco para concentrar los problemas a resolver y evaluar el éxito de la medida en torno al mismo, como también crear condiciones positivas para el logro de las metas asociadas.

Debido a que los recursos son limitados, es muy importante considerar cuidadosamente las inversiones asociados a las medidas. Una vez establecidas los cálculos financieros correspondientes, la medida se debe ajustar al tipo de financiamiento conseguido. Por una parte se puede eventualmente solicitar recursos extras a las autoridades, como por otra, requerir de financiamiento de otras dependencias. Sin embargo una vez determinado el presupuesto específico se debe necesariamente considerar el impacto de la medida, pues este puede aumentar, disminuir o bien simplemente dejarse de lado por bajo presupuesto.

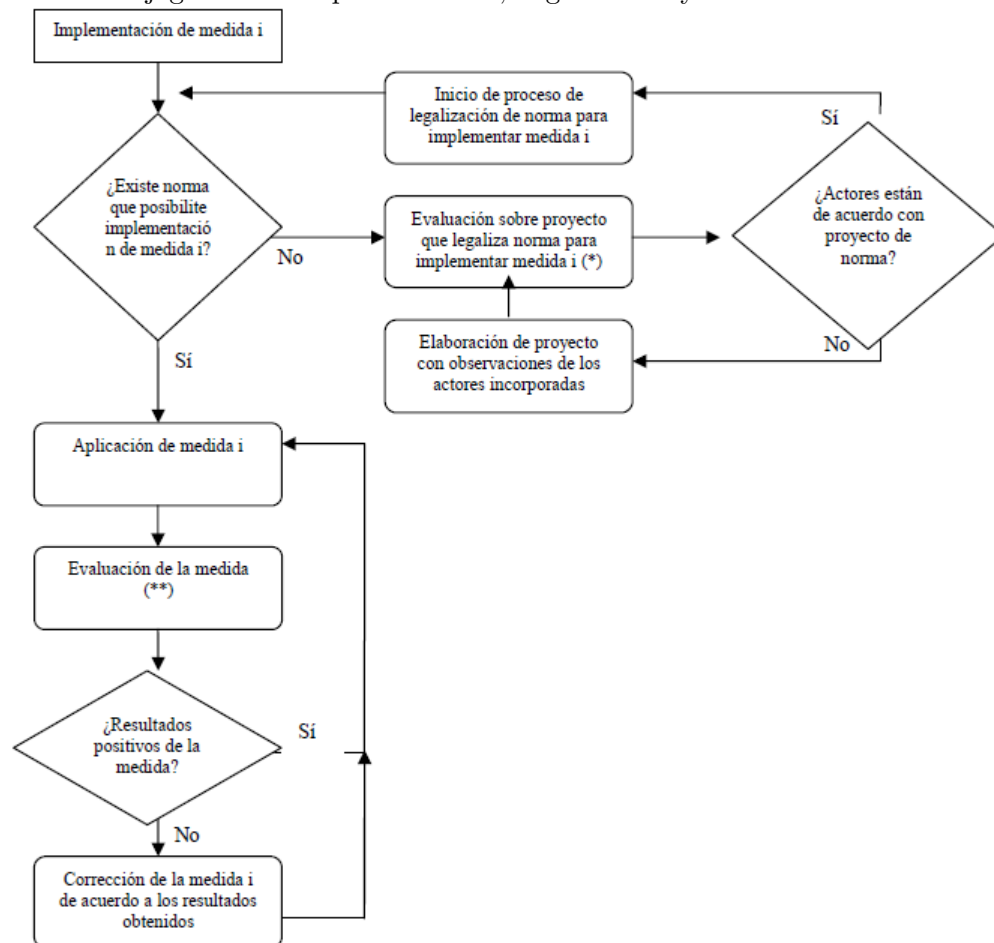
La administración de la implementación de las medidas debe ser de constante referencia al cumplimiento de los objetivos específicos[23]. Tanto el gasto como la solicitud de recursos, deben estar asociados desde un inicio al cumplimiento de los mismos, por tanto variaciones implican cambios en el impacto de la medida. Lo importante de estos cambios es que las medidas se pueden reajustar y también

2.5. Implementación de políticas, técnicas y medidas de Seguridad Vial - modelo "Visión Zero"

redirigir los recursos para nuevas iniciativas. El seguimiento permanente de si las medidas son efectivas en alcanzar las metas establecidas es esencial, pues ello permitirá establecer equilibrios entre los distintos proyectos, cautelando que ciertas metas no reciban niveles desproporcionados de recursos.

Finalmente es altamente recomendado que, se propicie el trabajo multisectorial. Para ello la formación de grupos multisectoriales formales como informales son importantes pues se producen intercambios de experiencias que también sirven para reconocer la evolución de las medidas. En particular este tipo de trabajo se recomienda en la elaboración del diseño de la política, es decir en su fase inicial.

Figura 2.26: Flujograma de Implementación, Seguimiento y Evaluación de Medida i.



Fuente: Guía práctica para el diseño e implementación de políticas de seguridad vial integrales considerando el rol de la infraestructura-CEPAL.

## 2.6. Contrastación de Hipótesis.

### 2.6.1. Teoría de contrastes. Ideas básicas.

La motivación fundamental de los contrastes o test de hipótesis es plantear si una hipótesis acerca de la población se puede mantener como cierta a la vista de los datos o si, por el contrario, en los datos de la muestra hay evidencias que llevan a pensar que la hipótesis es falsa. Este procedimiento general sirve como primera aproximación: se formula una hipótesis sobre la población, se obtienen datos a partir de una muestra y se comprueba si los datos de la muestra contradicen o respaldan la hipótesis formulada.

### 2.6.2. Etapas de proceso.

1. El investigador formula una hipótesis sobre un parámetro poblacional, por ejemplo que toma un determinado valor.
2. Selecciona una muestra de la población.
3. Comprueba si los datos están o no de acuerdo con la hipótesis planteada, es decir compara la observación con la teoría.
  - Si lo observado es incompatible con lo teórico entonces el experimentador puede rechazar la hipótesis planteada y proponer una nueva teoría.
  - Si lo observado es compatible con lo teórico entonces el experimentador puede continuar como si la hipótesis fuera cierta.

### 2.6.3. Tipos de Hipótesis.

1. Hipótesis Nula ( $H_0$ ), es la hipótesis sobre la que se desea decidir.
2. Hipótesis Alternativa ( $H_a$ ), es la hipótesis que se acepta, si se rechaza la hipótesis nula. Generalmente la hipótesis alternativa es la negación de la hipótesis nula.

### 2.6.4. Resultados.

1. Estadísticamente Significativo: Cuando se rechaza  $H_0$ .
2. Estadísticamente No-Significativo: Cuando se acepta  $H_0$ .





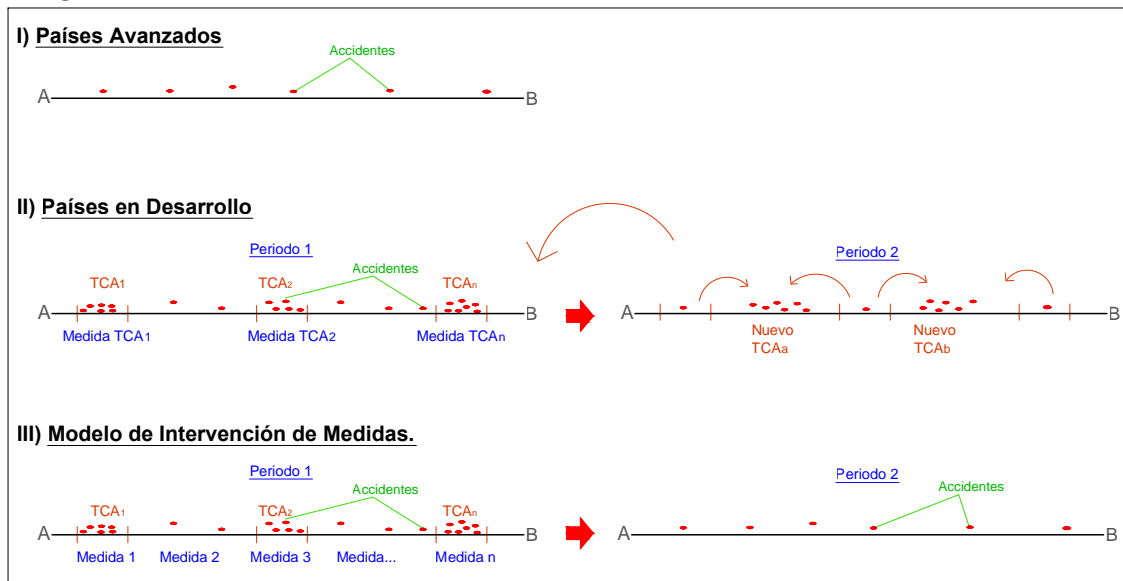
## 3 DESARROLLO DE LA TESIS

### 3.1. Metodología de la Investigación.

#### 3.1.1. Introducción.

- Las diversas metodologías existentes se centran en la identificación de los tradicionales *puntos negros*, *"puntos críticos"* y ahora llamados tramos de concentración de accidentes (TCA) con propuestas de medidas de mitigación, sin embargo por el principio de la "migración" de puntos críticos, los problemas de accidentalidad tienden a migrar a otras zonas y conformar nuevos TCAs.
- En países desarrollados predomina la cultura *preventiva* y en países en desarrollo como Perú la cultura *reactiva*, es decir esperamos la ocurrencia de los accidentes para formular acciones correctivas concentrándolos únicamente en los TCAs y desatendiendo los otros tramos, pudiendo ser potencialmente más peligrosos.
- La metodología de auditoría empleada en la presente investigación es producto del estudio y comparación de las principales metodologías internacionales de países que tienen mayor tiempo trabajando en *auditorías* o también denominados *inspección*[5].

Figura 3.1: Ilustración de migración de TCAs y modelo de intervención de medidas.



Fuente: Elaboración propia.

### 3.1.2. Estudio, comparación de principales modelos de auditorías y propuesta de Metodología Integral para Perú.

Se plantea una Metodología Integral de auditorías utilizando modelos internacionales de países que han desarrollado con mayor antigüedad y éxito como Australia y España en Europa, Estados Unidos y otros recientes como Chile y Colombia en Latinoamérica. (Tabla 3.1), cada país desarrolla la guía de acuerdo a su realidad, no existe una guía o procedimiento internacional estandarizado, tampoco existe una Guía de auditoría del Perú.

La propuesta de la Metodología Integral es perfeccionada a la realidad Peruana, dirigida a las carreteras nacionales, siendo necesario para el estudio de caso identificar una vía que represente las características geográficas del Perú.

Para el Perú se plantea 02 etapas:

1. Ciclo 1: De Pre-inversión e Inversión (Elaboración del Proyecto).
2. Ciclo 2: De Operación (Vía en servicio).

- Consideraciones de Seguridad Vial: 20 aspectos.

Tabla 3.1: Comparación entre consideraciones de Seguridad Vial en ASV y propuesta para Perú.

Países	Etapas	Tipos de vía	Aspectos y consideraciones para ASV y "Check List"
<b>Australia</b> 2002 04 etapas	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Etapa I: Viabilidad.</li> <li>2. Etapa II: Diseño Preliminar</li> <li>3. Etapa III: Diseño de Detalle</li> <li>4. Etapa IV: Preapertura.</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Autopistas</li> <li>Carreteras rurales.</li> </ul>	<p>Cambios desde la Etapa III, Drenaje, condicionantes climáticos, entorno, servicios, accesos a propiedades, accesos para vehículos de emergencia, desarrollos importantes en el entorno, balizamiento, señalización horizontal y vertical, acabado superficial, contraste de la señalización, despejes, características naturales, sistemas de contención y otros usuarios.</p>
<b>España</b> 2011 02 etapas RD 345/2011	<p><b>1. Nuevas carreteras y modificaciones</b> -Auditorías de Seguridad Vial.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Anteproyectos.</li> <li>Proyectos. Trazado y construcción.</li> <li>Construcción: Proyecto modificado Previa a puesta en servicio, Fase inicial en servicio.</li> </ul> <p><b>2. Carretera en Servicio.</b> Inspección de seguridad vial</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Explotación</li> </ul> <p>Tramos de concentración de accidentes (TCA) Tramos de alto potencial de mejora de la seguridad (TAPM).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vías de Gran Capacidad.</li> <li>Vías Convencionales.</li> <li>Entornos urbanos y periurbanos</li> <li>Travesías</li> </ul>	<p><i>Fase de proyecto.</i> Función de la carretera, sección transversal, trazado, enlaces, pavimento, señalización y balizamiento, tratamiento de márgenes y sistemas de contención de vehículos, iluminación, otros equipamientos, estructuras, seguridad en las obras, dispositivos de pase y escape para fauna, usuarios vulnerables, áreas, zonas de descanso y de servicios.</p> <p><u>Comentarios.</u> Para la etapa 2., Inspección de Seguridad Vial no se ha encontrado lista de consideraciones, tampoco un modelo de lista de chequeo.</p>
<b>Chile</b> 6 etapas CONASET	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Etapa de factibilidad.</li> <li>2. Etapa de Diseño preliminar.</li> <li>3. Etapa de Diseño en Detalle.</li> <li>4. Etapa en Pre Apertura.</li> <li>5. Con trabajos en la Vía.</li> <li>6. Vías existentes</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Proyectos Rurales</li> <li>Proyectos Urbanos. Vías urbanas.</li> <li>Cruces Ferroviarios</li> </ul>	<p><b>Fase de vías existentes.</b> Alineamiento y sección vertical, pistas auxiliares, intersecciones, señalización vertical e iluminación, demarcación y delineación, barrera de contención y zonas de despeje lateral, semáforos, peatones y ciclistas, pavimentos, estacionamiento, provisión de vehículos pesados, cauces de agua e inundaciones.</p>
<b>Colombia</b> 03 etapas STyTB.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Diseño.</li> <li>2. Construcción.</li> <li>3. Operación.</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Autopistas.</li> <li>Carreteras Principales.</li> <li>Carreteras Secundarias.</li> <li>Privadas.</li> <li>Peatonales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Condiciones generales.</li> <li>Elementos de espacio urbano.</li> <li>Aspectos socioeconómicos y culturales.</li> <li>Institucional.</li> </ul>
<b>Perú</b> 02 etapas	<p><b>Ciclo 1: De Pre inversión e Inversión.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Elaboración del estudio de Pre-inversión</li> <li>Elaboración del Estudio Definitivo.</li> <li>Ejecución/Construcción del Proyecto</li> <li>Finalización de la Construcción de proyecto (Previo a la puesta en servicio).</li> </ul> <p><b>Ciclo 2: De Operación:</b> Vías en servicio mínimo de 03 años.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Carreteras Concesionadas.</li> <li><b>Carreteras con Contratos de Conservación Vial.</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Autopistas y Multicarril.</li> <li><b>Vías Nacionales.</b></li> <li>Vías Departamentales</li> <li>Vías Vecinales.</li> </ul>	<p><b>Ciclo de vía en operación</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Pavimento</li> <li>2) Señalización horizontal</li> <li>3) Señalización vertical</li> <li>4) Diseño geométrico</li> <li><b>5) Gestión de velocidades</b></li> <li>6) Intersecciones y accesos</li> <li><b>7) Sistema de Contención Vehicular</b></li> <li><b>8) Puentes y pontones</b></li> <li>9) Obras de drenaje</li> <li><b>10) Zona lateral de la vía</b></li> <li><b>11) Pasos por zonas urbanas</b></li> <li>12) Inestabilidad geológica</li> <li><b>13) Factores climáticos</b></li> <li><b>14) Obras en la vía</b></li> <li><b>15) Estacionamientos y paraderos de buses</b></li> <li>16) Peatones y ciclistas en la vía</li> <li>17) Animales en la vía</li> <li>18) Semáforos</li> <li>19) Iluminación</li> <li>20) Otros (elementos, vehículo, servicios)</li> </ol>

Fuente: Elaboración Propia.

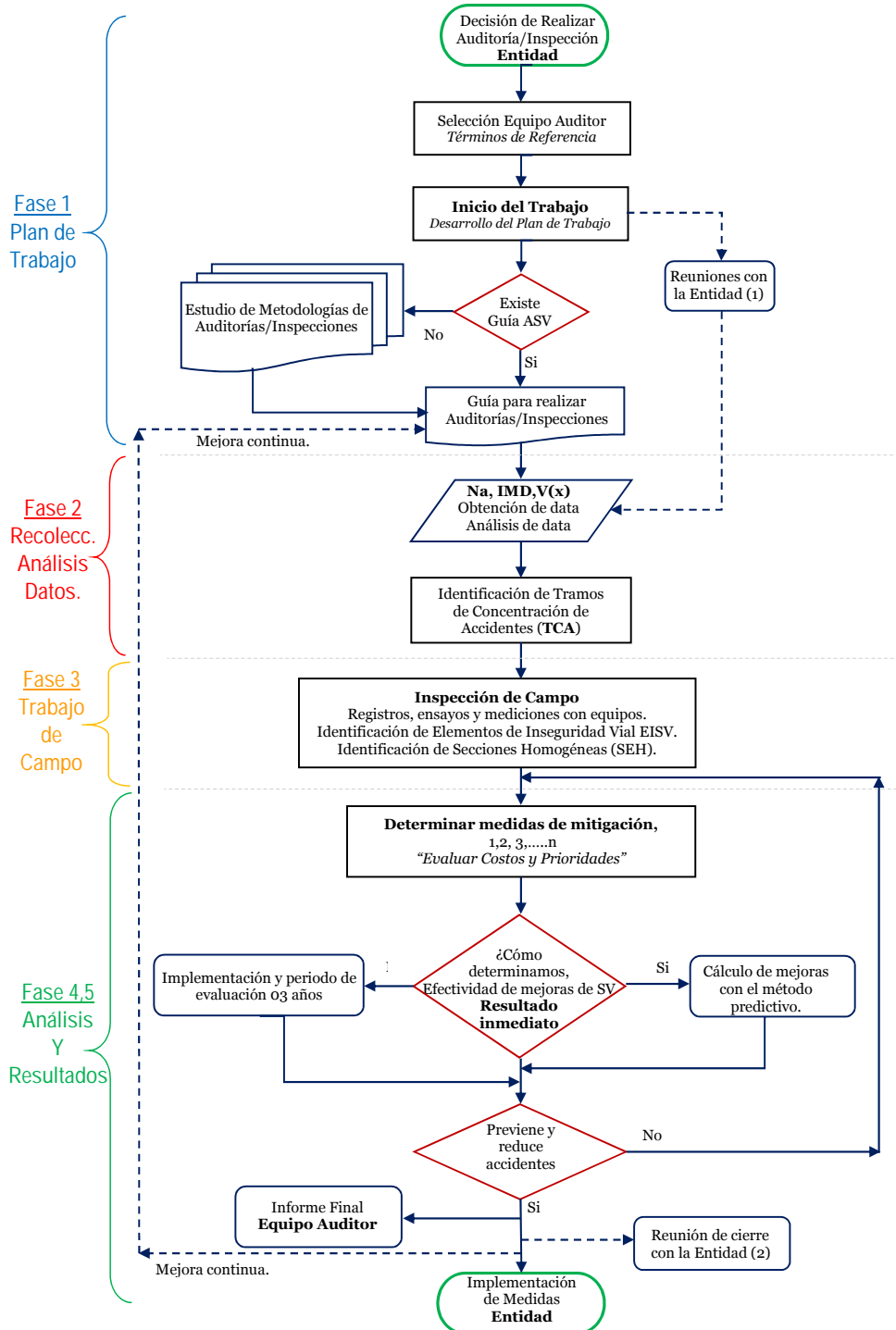
### 3.1.3. Fases de la Auditoría de Seguridad Vial.

Las fases de la auditoría a seguir considera trabajos en gabinete y campo, se inicia con la decisión de la Entidad u Organismo público o privado de realizar la auditoría y culmina con la respuesta de éste al informe de auditoría del equipo auditor:

- Fase 1: Plan de trabajo (Trabajos en gabinete).
  - Selección del equipo auditor.
  - Reuniones con el organismo solicitante y el equipo auditor.
  - Desarrollo del plan de trabajo.
  - *Estudio de las metodologías de guías existentes para realizar auditorías de seguridad vial.*
- Fase 2: Recolección y análisis de información (Trabajos en gabinete).
  - *Recolección y obtención de datos estadísticos de instituciones y comisarías (volumen de tráfico, accidentalidad, etc.)*
  - *Análisis de datos estadísticos obtenidos.*
  - Desarrollo del plan de trabajo.
  - *Identificación de tramos críticos (TCA).*
- Fase 3: Inspección en Campo (Aplicación de la auditoría).
  - *Medición y ensayos en campo con equipos tecnológicos.*
  - *Identificación de elementos de inseguridad vial (EISV).*
  - *Identificación de secciones homogéneas (SEH).*
- Fase 4: Análisis y Resultados.
  - *Análisis de información de la inspección en campo.*
  - *Determinación de medidas de mitigación para cada EISV.*
  - *Evaluación de costos y prioridades.*
  - *Elaboración de fichas técnicas de los EISV.*
  - *Calcular las mejoras de la seguridad vial con métodos predictivos.*
  - *Proponer la implementación de políticas y técnicas de seguridad vial.*
- Fase 5: Elaboración del Informe de Auditoría.

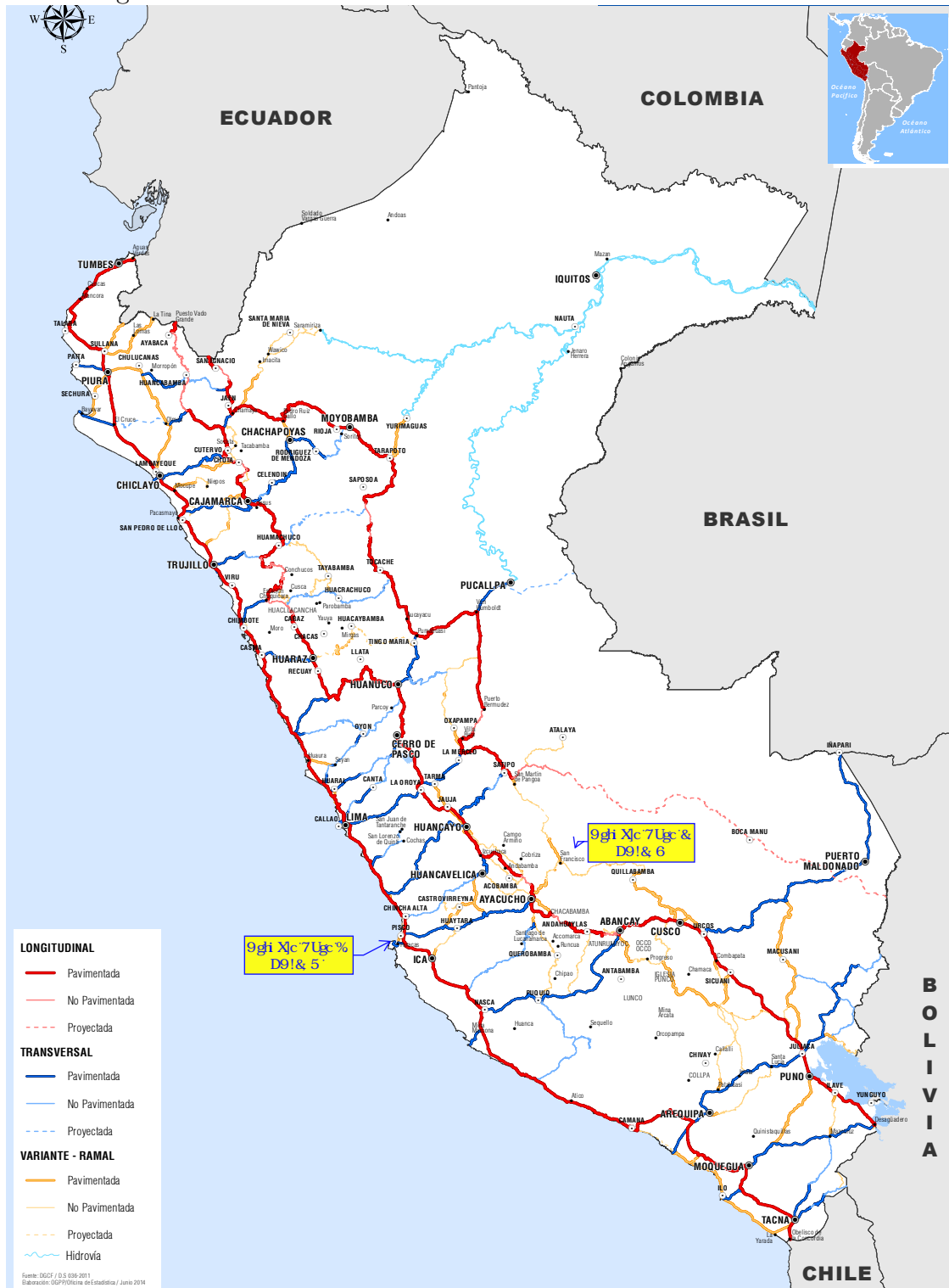
### 3.1.4. Muestra visual de metodología de ASV para Perú.

Figura 3.2: Muestra visual de la Metodología Integral de ASV propuesto.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 3.3: Localización de las vías de estudio en la Red Vial Nacional.



### 3.1.5. Elección de carreteras nacionales para estudio.

En el Perú existen vías importantes como las carreteras longitudinales: PE-1N,1S (antigua Panamericana Norte y Sur), de la sierra, marginal de la selva, las transversales como la Central y la vía Los Libertadores, este último según estudios realizados por la D.E. del MINSA Perú: "Análisis epidemiológico de las lesiones causadas por accidentes de tránsito en el Perú, 2013"[11], los accidentes de tránsito ocurridos en las carreteras con mayor% son los departamentos de Huancavelica (92.0%), Ayacucho (75.8%), Junín (72.5%) y Apurímac (72.2%), siendo factor incidente la geografía y topografía accidentada; razones para elegir una carretera nacional que atraviesa estos departamentos, como es la vía Los Libertadores con código PE-28A; que atraviesa Ica, Huancavelica y Ayacucho, con un alto índice de accidentes de tránsito catalogándolo como una "Carretera Peligrosa". Así mismo la carretera PE-28B, Ayacucho - San Francisco, que recorre la sierra y selva siendo muy necesaria realizar la investigación en esta vía.

Estudio de Caso 01 : Carretera en operación. PE-28A. Vía Los Libertadores.

Estudio de Caso 02 : Carretera en Proyecto. PE-28B. Ayacucho - San Francisco.

## 3.2. Auditoría de la vía Los Libertadores: *Caso 1*

En el caso 01 se va realizar la auditoría para una carretera nacional en el CICLO DE OPERACIÓN, con contratos de Conservación Vial, siendo la vía PE-28A Los Libertadores, tramo San Clemente (Ica) - Ayacucho, cuya longitud es 331 Km.

### 3.2.1. Descripción de la carretera en estudio.

Nombre	: Carretera Nacional Los Libertadores.
Código de ruta	: PE - 28A.
Ubicación	: Ica, Huancavelica y Ayacucho
Tramo	: Pisco (San Clemente)-Ayacucho.
Inicio	: Empalme PE 1S: KM 0+000
Fin	: Empalme 3S: KM 331+000.
Superf. Rodadura	: Asfaltada. (Construido en el año 1,998)
Nº Carriles	: Dos carriles (una en cada sentido).
Ancho de Calzada	: 7.50 m - 8.50 m , Ancho de Berma : 0.5 m
Altitud	: San Clemente (Mín. 67 msnm), Abra Apacheta (Máx. 4763 msnm)
Mantenimiento vía	: Conservación Vial por Niveles de Servicio.
Entidad encargada	: MTC - Provías Nacional - ZONAL XI ICA

Figura 3.4: Tramo elegido para la desarrollo de la Auditoría de Seguridad Vial.



Fuente: Elaboración Propia, del Google Maps.

### 3.2.2. Estudio de la información estadística.

#### 3.2.2.1. Volumen de tráfico vehicular.

Los datos del flujo vehicular en la carretera PE-28A (Tabla 3.2) se han obtenido de las 03 unidades de peajes existentes en la vía, los cuales están administrados por Provías Nacional (Zonal Ica y Zonal Ayacucho) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

1. Peaje Pacra : Km 72+500, Pacra-Pisco-Ica.
  2. Peaje Rumichaca : Km 196+200, Paras-Cangallo-Ayacucho.
  3. Peaje Socos : Km 316+700, Socos-Huamanga-Ayacucho.
- \* En Ayacucho : Km 330+800, por estudio de la Municipalidad de Huamanga.

#### a.- Datos del flujo vehicular:

Tabla 3.2: Flujo vehicular por peajes, período 2007-2013

<b>Año</b>	<b>Pacra</b>	<b>Rumichaca</b>	<b>Socos</b>
<b>2007</b>	161,745	98,854	167,209
<b>2008</b>	209,636	120,086	201,347
<b>2009</b>	231,336	173,340	236,370
<b>2010</b>	245,139	159,223	239,514
<b>2011</b>	256,275	149,575	229,739
<b>2012</b>	269,538	182,688	275,931
<b>2013</b>	297,460	203,098	316,101

Fuente: Provías Nacional.

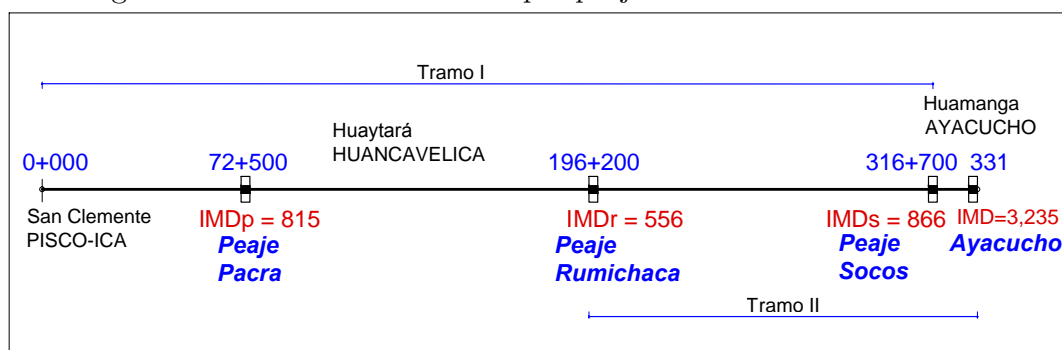


Tabla 3.3: IMD por peajes, período 2007-2014.

Año	Flujo por Peaje			N° días año	IMD por Peaje		
	PACRA	RUMICHACA	SOCOS		PACRA	RUMICHACA	SOCOS
2007	161,745	98,854	167,209	365	443	271	458
2008	209,636	120,086	201,347	366	573	328	550
2009	231,336	173,340	236,370	365	634	475	648
2010	245,139	159,223	239,514	365	672	436	656
2011	256,275	149,575	229,739	365	702	410	629
2012	269,538	182,688	275,931	366	736	499	754
2013	297,460	203,098	316,101	365	815	556	866
2014 (*)	324,510	225,102	346,207	334	972	674	1,037

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 3.5: Distribución del IMD por peajes en la vía Los Libertadores.



Fuente: Elaboración propia.

## b.- Índice Medio Diario Anual (IMDa)

El flujo vehicular (Tabla 3.3) y el IMD para el año 2014 han sido calculados según la tasa de crecimiento  $i=9.81\%$  para el período de Enero a Noviembre (334d).

- Mediante una ecuación de correlación del IMD (x) con el Km (y) de los 03 peajes: Pacra, Rumichaca y Socos, se obtiene IMDs para un punto ó Km requerido, la ecuación para el tramo I, con un coeficiente de correlación de  $R^2 = 1$  es:

$$y = 0.0191x^2 - 7.2203x + 1235.6 \quad (3.2.1)$$

- Para el tramo II, mediante la correlación del IMD (x) con el KM (y) de los 02 peajes: Rumichaca, Socos, y el IMD de la Municipalidad Provincial de Huamanga del Km 330+800, se obtiene IMDs para los puntos ó Km del tramo II, con un coeficiente de correlación de  $R^2 = 1$  es:

$$y = 1.1507x^2 - 586.6x + 71322 \quad (3.2.2)$$

### 3.2.2.2. Accidentes de tránsito en la vía.

1. La información de accidentes de tránsito ocurridos en la vía Los Libertadores fueron obtenidos en 03 dependencias policiales y otros medios:
  - Comisaría PNP de Humay (Región policial Ica), para el año 2013, 2014 (Enero-Octubre).
  - Comisaría de Huaytará (Huancavelica), para el año 2013
  - Dirección territorial de la Policía - Ayacucho, años 2012, 2013, 2014 (Enero-Noviembre).
  - Otros medios referidos a Entidades involucrados Hospital Regional de Ayacucho, trabajo de campo y otros medios de comunicación.
2. Los registros de accidentes de tránsito para la vía Los Libertadores corresponde a 03 años 2012, 2013 y 2014, siendo únicamente del 2013 datos de toda la vía (Ica-Huancavelica-Ayacucho), del 2012 y 2014 principalmente en la jurisdicción del departamento de Ayacucho.
3. Los datos de accidentes de tránsito obtenidos en las comisarías corresponden a los denominados "cuadernos de ocurrencias de calle común", éstos no se encuentran adecuadamente organizados y detallados.
4. De acuerdo a la información obtenida de registros de accidentes, principalmente se utiliza del año 2013, por ser completos. A continuación de muestra los cuadros de Accidentes de tránsito en la vía según su tipología (Tabla 3.4), según Km de ocurrencia (Tabla 3.5), y por tipo de vehículo (Tabla 3.6).

Tabla 3.4: Accidentes de tránsito en la vía Los Libertadores según tipología, 2012-2014

Tipología	2012 (*)	2013	2014 (**)	Total	Porcentaje
Atropello	6	10	11	27	14%
Choque	12	14	18	44	23%
Volcadura	1	2	2	5	3%
Despiste	13	30	14	57	30%
Despiste y choque	2	11	5	18	9%
Despiste y volcadura	3	23	15	41	21%
<b>TOTAL</b>	<b>37</b>	<b>90</b>	<b>65</b>	<b>192</b>	<b>100%</b>

Fuente: Comisarías de Humay, Huaytará y Ayacucho, y otros..

Tabla 3.5: Accidentes de tránsito en la vía Los Libertadores según Km, 2012-2014.

Tramo	Departamento	Progresiva		Longitud (Km)	N° de Accidentes				Porcentaje
		Inicio(Km)	Fin(Km)		2012	2013	2014	Promedio Calculado	
1	Ica	0	10	10.0	1	2	0	2	1.7%
2	Ica	10	20	10.0	1	6	0	4	4.1%
3	Ica	20	30	10.0	s/d	1	4	3	2.9%
4	Ica	30	40	10.0	s/d	1	1	1	1.2%
5	Ica	40	50	10.0	s/d	1	1	1	1.2%
6	Ica	50	60	10.0	s/d	1	2	2	1.7%
7	Ica	60	70	10.0	s/d	2	2	2	2.3%
8	Ica	70	80	10.0	s/d	0	0	0	0.0%
9	Ica	80	90	10.0	s/d	0	0	0	0.0%
10	Ica	90	100	10.0	s/d	1	0	1	0.6%
11	Huancavelica	100	110	10.0	s/d	0	1	1	0.6%
12	Huancavelica	110	120	10.0	s/d	0	s/d	0	0.0%
13	Huancavelica	120	130	10.0	s/d	5	s/d	5	5.8%
14	Huancavelica	130	140	10.0	s/d	1	s/d	1	1.2%
15	Huancavelica	140	150	10.0	1	1	s/d	1	1.2%
16	Huancavelica	150	160	10.0	s/d	0	s/d	0	0.0%
17	Huancavelica	160	170	10.0	s/d	7	s/d	7	8.1%
18	Huancavelica	170	180	10.0	s/d	1	s/d	1	1.2%
19	Huancavelica	180	190	10.0	1	1	1	1	1.2%
20	Ayacucho	190	200	10.0	1	4	2	3	3.5%
21	Ayacucho	200	210	10.0	0	1	0	1	0.6%
22	Ayacucho	210	220	10.0	1	2	3	3	2.9%
23	Ayacucho	220	230	10.0	1	5	4	5	5.2%
24	Ayacucho	230	240	10.0	3	5	1	3	3.5%
25	Ayacucho	240	250	10.0	2	7	7	7	8.1%
26	Ayacucho	250	260	10.0	1	2	2	2	2.3%
27	Ayacucho	260	270	10.0	1	3	2	3	2.9%
28	Ayacucho	270	280	10.0	0	1	0	1	0.6%
29	Ayacucho	280	290	10.0	1	3	3	3	3.5%
30	Ayacucho	290	300	10.0	5	4	5	5	5.2%
31	Ayacucho	300	310	10.0	0	8	2	5	5.8%
32	Ayacucho	310	320	10.0	9	6	9	8	8.7%
33	Ayacucho	320	331	11.0	8	8	13	11	12.2%
<b>Total</b>				<b>331.0</b>	<b>37</b>	<b>90</b>	<b>65</b>	<b>86</b>	<b>100%</b>

Fuente: Comisarías de Humay, Huaytará y Ayacucho, y otros.

Tabla 3.6: Accidentes de tránsito en la vía según tipo de vehículo, año 2013.

Tipo de accidente	Cantidad	Porcentaje
Automóvil	23	26%
Camión	17	19%
Camioneta Pick up	18	20%
Camioneta rural	8	9%
Microbus	1	1%
Mototaxi	2	2%
Ómnibus	10	11%
Remolque y semirremolque	7	8%
Station Wagon	4	4%
<b>TOTAL</b>	<b>90</b>	<b>100%</b>

Fuente: Comisarías de Humay, Huaytará y Ayacucho, y otros..

### 3.2.3. Inspección en Campo.

#### 3.2.3.1. Trabajos Previos.

- Se ha realizado visitas previas a la vía en 04 oportunidades para estudiar su comportamiento, características, señalización, elementos de seguridad, accidentes ocurridos, condiciones climáticas de día, noche, lluvia, neblina, con nieve.  
1° día: Viaje en ómnibus de día en sentido de Ayacucho-San Clemente.  
2° día: Viaje en automóvil de día en sentido de San Clemente-Ayacucho.  
3° día: Viaje en automóvil de noche en sentido de Ayacucho-San Clemente.  
4° día: Viaje en ómnibus de noche en sentido de San Clemente-Ayacucho.
- Se ha realizado la recolección de evidencias en lugares de los accidentes (datos registrados y presencia de nichos al borde de la carretera), testimonios de usuarios de la vía (conductores, pasajeros, pobladores de la zona, policías) para un análisis previo (reconstrucción del accidente) de las causas.

Figura 3.6: Hitos de inicio Km 0+000(San Clemente) y fin Km 331+000(Ayacucho)



Fuente: Trabajo de campo.

#### 3.2.3.2. Ejecución de la Auditoría de Seguridad Vial.

- De acuerdo a un plan de Inspección en campo, se ha realizado la Auditoría en 04 días, con empleo de 01 camioneta pick-up 4x4.  
1° día : Viaje de día en sentido de San Clemente-Ayacucho.  
2° día : Viaje de día en sentido de Ayacucho-San Clemente.  
3° día : Viaje de noche en sentido de San Clemente-Ayacucho.  
4° día : Viaje de noche en sentido de Ayacucho- San Clemente.

Figura 3.7: Accidente de tránsito ocurrido el día de la inseción de campo, Km 168.



Fuente: Trabajo de campo, 22/10/2014.

- Con datos estudiados y analizados en gabinete se ha sectorizado la vía de acuerdo al muestreo para analizar la condiciones más predominantes.
- Con empleo de una cámara con GPS se ha registrado la información visual, para ampliar el análisis en gabinete, registrando fotografías a detalle.
- Con empleo de un inclinó metro se ha verificado la inclinación del vehículo en curvas a una velocidad segura de recorrido, inclinación de cunetas, zonas laterales de la vía.
- Con empleo del retrorreflectómetro se ha medido el nivel de retrorreflectividad de la señalización vertical en horas de la noche.
- Con empleo de wincha comercial se han realizado mediciones generales como distancias de visibilidad, sección de la vía, dimensiones de la señalización vertical, altura de los sistemas de contención, etc.
- Registro de las situaciones de riesgo y elementos de inseguridad vial o potencialmente peligrosos identificados.

### 3.2.3.3. Equipos tecnológicos utilizados y ensayos de medición.

1. **Cámara de video con GPS.-** Para registrar información visual (video grabado) se empleó una cámara *Garmin Dash Cam 20p*, con posicionamiento mediante GPS del video a lo largo del recorrido, permitiendo determinar el punto sobre un mapa virtual de las imágenes de video (Figura 3.8, 3.9).

Figura 3.8: Muestra de la ubicación de cámara de video.



Fuente: Página web Garmin Dash.

Figura 3.9: Registro de información visual de la vía en estudio. Km 196.



Fuente: Trabajo de campo.

El GPS cuenta con una precisión no menor a 5m. y muestra la velocidad de recorrido; es herramienta muy útil para análisis posterior en gabinete. La información que suministra la cámara consiste en: Georreferenciación dinámica de los videos - coordenadas UTM, video y fotos en formato estándar .avi, .jpg, velocidad de desplazamiento en Km/h, altitud en m., fecha, hora y ubicación gráfica sobre un mapa virtual.

2. **Inclinómetro comercial.-** Empleado para medir la velocidad segura de recorrido en curvas, identificados con riesgo potencial y determinar si la velocidad segura de la curva corresponde con el límite de velocidad de la vía, o si existe necesidad de señalizar para dar advertencia a los usuarios(Figura 3.10).

Figura 3.10: Medición con inclinómetro de la velocidad segura de recorrido en curvas.



Fuente: Trabajo de campo.

3. **Retroreflectómetro.-** Equipo retroreflectómetro marca Zehntner ZRS 6060 utilizado para tomar medida de la retroreflectividad (Figura 3.11) de las señales deterioradas identificados como potencialmente peligrosos o que, a simple vista parecía que no cumplían con la reflectividad requerida. Señales muy deterioradas no fueron medidas con estos equipos, se recomienda su reemplazo sin necesidad de tener que considerar su retroreflectividad.
4. **Wincha.-** Se empleó una wincha comercial para tomar medidas generales, pero en particular identificar si elementos contundentes se encuentran dentro del derecho de vía o si podrían representar un peligro para los usuarios. Y otros como una camioneta 4x4, linterna, Etc.

Figura 3.11: Ensayos de retrorreflectometría a señal vertical desgastada en campo.



Fuente: Trabajo de Campo.

### 3.3. Identificación de Tramos de Concentración de Accidentes (TCA).

- Para la identificación de TCA, con información obtenida de registros de accidentes se han agrupado en tramos de 1-3 Km y excepcionalmente mayores a 3 Km por ser tramos con características similares con accidentes continuos siempre que cumpla con la condición de 03 accidentes por cada 2.5 Km, se ha empleado la metodología de la *Ventana Flotante*[19] del Highway Safety Manual 2010 en función a la proximidad entre accidentes y cantidad de accidentes.
- Los tramos preliminarmente agrupados (22) Tabla 3.7, para la verificación si cumple para ser un TCA se ha empleado el *Método de control de calidad de tasa*, a partir de los tramos con accidentes observados (datos registrados).
- Así mismo para determinar los tramos con riesgo de accidentalidad en función a su volumen vehicular, número histórico de accidentes y su longitud, se calcula el Índice de accidentalidad [19] para clasificar en tramos de peligrosidad: Baja, Media, Alta y TCA.



Tabla 3.7: Identificación y verificación de Tramos de Concentración de Accidentes (TCA) en la vía.

Progresiva Inicio : 0 + 000  
 Progresiva Fin : 331 + 000  
 Longitud total de vía : 331 Km  
 IMDpromedio : 820 Veh/día  
 N° de accidentes/año : 86

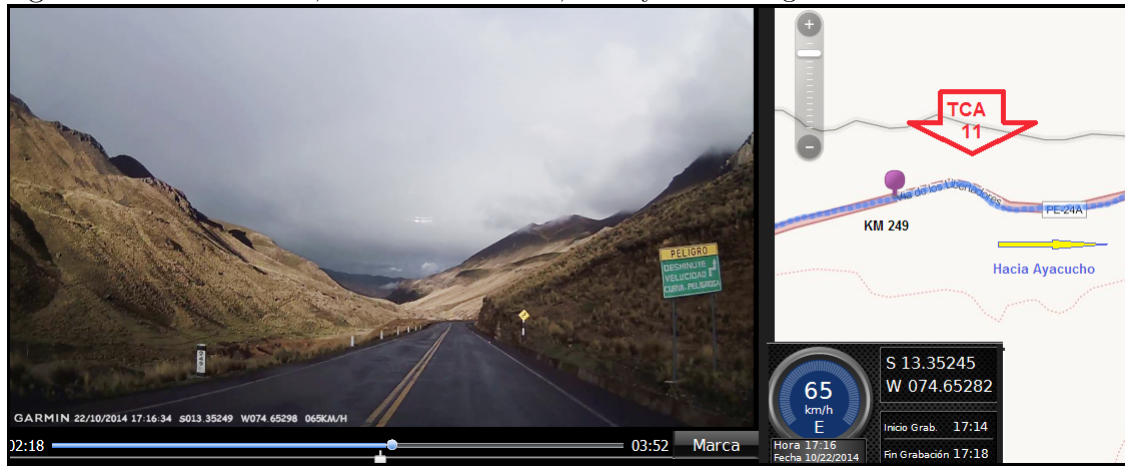
$$K = 1.6$$

(\*) El IMDi se calcula con la ecuación de correlación de peajes.

TCA i preliminar	Progresiva		Longitud (Km)	Lugar/C.P. mas próximo	N° de Accidentes			N°de accidentes en tramo i	IMDi	N° Días por año	t <sub>i</sub>	T <sub>m</sub>	T <sub>ci</sub>	T <sub>i</sub>	Verificación del TCA
	Inicio(Km)	Fin(Km)			2012	2013	2014								
1	14.0	17.0	3.0	Jose olaya	1	5	s/d	5	2154	365	2.36	0.87	2.05	2.12	TCA
2	25.0	28.0	3.0	Humay	s/d	1	4	4	1594	334	1.60	0.95	2.49	2.50	TCA
3	59.0	62.0	3.0	Huancano	s/d	0	2	2	1034	334	1.04	0.95	2.96	1.93	No TCA
4	126.0	130.0	4.0	Desvío S. A. Cusicancha	s/d	4	s/d	4	624	365	0.91	0.87	2.98	4.39	TCA
5	162.0	163.0	1.0	Betania	s/d	3	s/d	2	567	365	0.21	0.87	6.56	9.66	TCA
6	168.0	170.0	2.0	Chaupi	s/d	4	s/d	4	560	365	0.41	0.87	4.42	9.78	TCA
7	192.0	195.0	3.0	Puente Rumichaca	1	4	s/d	4	554	365	0.61	0.87	3.61	6.59	TCA
8	196.5	198.0	1.5	Peaje Rumichaca	0	0	2	2	673	334	0.34	0.95	5.12	5.93	TCA
9	213.0	225.0	12.0	Hospicio	2	6	6	6	691	334	2.77	0.95	2.07	2.17	TCA
10	228.0	230.5	2.5	Abra apacheta	0	2	1	2	584	365	0.53	0.87	3.85	3.75	No TCA
11	231.5	237.0	5.5	Abra apacheta	3	4	1	4	592	365	1.19	0.87	2.66	3.37	TCA
12	242.0	244.0	2.0	Puente Niñacha	2	3	5	4	737	334	0.49	0.95	4.19	8.12	TCA
13	249.0	250.0	1.0	Desvio a Paras (Ay-107)	0	4	2	3	623	365	0.23	0.87	6.19	13.19	TCA
14	260.0	261.0	1.0	Puente Niñobama	0	1	2	2	786	334	0.26	0.95	5.89	7.62	TCA
15	269.0	270.0	1.0	Totorabamba	1	2	0	2	677	365	0.25	0.87	5.89	8.09	TCA
16	281.5	284.0	2.5	Mitapa	0	2	3	3	869	334	0.73	0.95	3.47	4.13	TCA
17	289.0	293.0	4.0	Arizona-Vinchos	4	4	5	5	905	334	1.21	0.95	2.78	4.14	TCA
18	302.0	304.0	2.0	Sallalli	0	6	0	5	801	365	0.58	0.87	3.67	8.55	TCA
19	308.0	313.0	5.0	Chunyacc	1	6	5	6	835	365	1.52	0.87	2.40	3.94	TCA
20	315.0	319.0	4.0	Socos	9	2	6	4	866	365	1.26	0.87	2.59	3.16	TCA
21	323.5	325.5	2.0	Huascaura	2	4	3	4	2066	365	1.51	0.87	2.41	2.65	TCA
22	328.0	331.0	3.0	Ayacucho	6	4	10	7	3295	334	3.30	0.95	1.96	2.12	TCA

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 3.12: TCA N° 11, Km 249 - KM 250, con ayuda del registro de información visual.



Fuente: Trabajo de campo, en sentido San Clemente, Ayacucho.

### Representación gráfica del TCA: N° 11.

- El accidente de tránsito es reiterado en sentido San Clemente - Ayacucho, en la figura 3.12 se observa que próximo a la curva (Km 249+400) consta un tramo recto de 1 Km (Km 248), los vehículos desarrollan velocidades hasta 80 Km/h y al llegar a la curva no logran disminuir a la velocidad recomendada en dicha curva (no se encontró señal vertical de límite de velocidad).
- En dicho tramo existe una señal adaptada (preventiva e informativa) que indica "Peligro curva peligrosa", que no informa adecuadamente al usuario de la vía.
- Los problemas y observaciones identificados son: Falta de límites de velocidad, ausencia de sistemas de contención, cunetas pronunciadas (ángulo 35°), distancia de visibilidad insuficiente, zona lateral abismo), etc.
- El TCA: N° 11 en comparación a otras tiene la longitud mas corta aproximadamente de 100m, pues se trata únicamente de una curva, bajo este forma podríamos denominarlo "*Punto de Concentración de Accidentes*" (PCA) o "*Punto Crítico de Accidentes*".

### 3.4. Identificación de Elementos de Inseguridad Vial (EISV).

Un **EISV** es un elemento peligroso o potencialmente peligroso, situación o zona potencial de riesgo, infraestructura o parte de ella deficiente e insegura, que se encuentra en la vía siendo una causa o potencialmente causa para ocurrencia del accidente de tránsito, identificados por experiencia del auditor e inspección en campo.

- Para identificar los elementos de inseguridad vial (EISV) se han agrupado en 20 aspectos o consideraciones de Seguridad Vial planteados en el ítem 3.1.2.
- Los EISV se han identificado en toda la vía, estos EISV se encuentran con frecuencia en todos los tramos, necesariamente sin ser TCA
- La identificación de estos EISV se han registrado en las Ficha de Identificación, Análisis y Mitigación de Elementos de Inseguridad Vial, con descripción de las siguientes características principales.
  1. Datos generales de la vía, etapa de ASV, ubicación, Etc.
  2. Incidencia.  
Elemento de inseguridad vial y la consideración al que corresponde.  
Peligrosidad: TCA, Alta, Media, Baja, Todos los tramos.  
Carácter: Puntual, temporal o permanente.
  3. Riesgo.  
Descripción del riesgo.  
Valoración del riesgo: Del 1(Mínimo), 2(Moderado), 3(Notable), 4(Alto) y 5(Máximo).
  4. Medidas de mitigación.  
Medida propuesta, tipo, presupuesto medida y valoración de la medida.
  5. Panel fotográfico (4).
- Se han identificado 53 Elementos de Inseguridad Vial típicos agrupados en 20 Aspectos y/o Consideraciones de Seguridad Vial (tipo de infraestructura de la vía) como se muestra en la Tabla 3.8, estos han sido registrados en las Ficha de I-A-M de EISV anexos a la presente investigación.

### 3.4. Identificación de Elementos de Inseguridad Vial (EISV).

Tabla 3.8: Elementos de inseguridad vial agrupados en 20 aspectos o consideraciones de Seguridad Vial.

Código	Aspectos o consideraciones SV <i>Tipo de Infraestructura</i>	Elementos de Inseguridad Vial (EISV)	Item
1	Pavimento	Superficie deteriorada (grietas y baches.)	1
		Superficie discontinua por tipo (sin señalización).	2
2	Señalización Horizontal	Señalización ausente.	3
		Señalización deteriorada.	4
3	Señalización Vertical	Ausencia de señalización vertical.	5
		Inadecuada ubicación y uso de señalización vertical.	6
		Señalización deteriorada.	7
		Postes de concreto de señalización vertical y delineadores.	8
4	Diseño geométrico	Combinación de curva vertical y horizontal.	9
		Insuficiente sobre ancho en curvas.	10
		Curvas peligrosas (radios diferentes en una curva).	11
		Visibilidad limitada.	12
		Ausencia de berma para detención momentánea.	13
5	Gestión de Velocidades (Límites de velocidad)	Deficiente gestión de velocidades en curvas.	14
		Deficiente gestión de velocidades en tangentes.	15
6	Intersecciones y accesos	Accesos informales a otras vías.	16
		Ingresos - salidas a espacios públicos y privados (viviendas).	17
		Deficiente administración de velocidades.	18
7	Sistema de Contención Vehicular	Ausencia de sistemas de contención vehicular (barreras metálicas).	19
		Terminales inadecuadas de sistemas de contención vehicular	20
		Falta de homologación de sistemas de contención vehicular.	21
		Dimensión insuficiente de muro de contención de concreto.	22
8	Puentes y pontones.	Terminales inadecuados de las barandas.	23
		Deterioro de la superficie de rodadura.	24
		Falta de señalización y límites de velocidad en proximidad a puentes.	25
		Reducción en la sección transversal.	26
9	Obras de drenaje	Cuneta profunda y destapada.	27
		Sardinela de concreto en alcantarillas (cabezales de ingreso-salida)	28
		Estructuras de concreto de ingreso-salida de canales.	29
		Badenes muy pronunciados.	30
10	Zona lateral de la vía	Presencia de obstáculos (postes de luz, árboles, muros de concreto).	31
		Corta longitud de la zona de recuperación (en caso de despiste),	32
		Inclinación de talud del terreno aledaño a la vía	33
		Cruce transversal peatonal sobre cunetas (pasarelas)	34
		Desnivel longitudinal del pavimento.	35
11	Pasos por zonas urbanas	Inadecuada organización para cruces peatonales.	36
		Deficiente administración de velocidades.	37
		Comerciantes (ambulantes) al borde de la vía.	38
		Conflicto de uso de la vía entre peatón-ciclista-vehículo.	39
12	Inestabilidad geológica	Fallas geológicas (asentamientos).	40
		Derrumbes, caída de piedras (taludes)	41
13	Factores climáticos	Inadecuada señalización vial para zonas con condiciones de neblina, lluvia y nieve.	42
14	Obras en la vía	Deficiente señalización en zonas de trabajo en la vía.	43
15	Estacionamientos y paraderos.	Paraderos informales de vehículos.	44
16	Peatones y Ciclistas en la vía	Presencia de peatones en la berma o calzada.	45
		Presencia de ciclistas en la calzada o berma sin señalización.	46
17	Animales en la vía	Presencia de animales en la berma o calzada.	47
18	Semáforos	Inadecuado equipamiento de semáforos.	48
19	Iluminación	Iluminación inadecuada en zonas urbanas.	49
		Insuficiente disposición de elementos reflectantes (tachas, capta faros)	50
20	Otros	Resaltos (gibas) sin señalización.	51
		Vehículos de apariencia obsoleta.	52
		Ausencia de la cobertura de servicio de telefonía post-accidente.	53

Fuente: Elaboración Propia.

### 3.4. Identificación de Elementos de Inseguridad Vial (EISV).

Figura 3.13: EISV en el Km 328+700 (zona urbana Ayacucho).



Fuente: Trabajo de campo.

*Comentarios:* Se observan la sección transversal no acondicionada para zona urbana, señalización horizontal deteriorada, cunetas profundas, peatones en la vía, paraderos y accesos informales, poste de luz de concreto en la zona lateral de la vía.

Figura 3.14: EISV en el Km 289+500.



Fuente: Trabajo de campo.

*Comentarios:* Se observa el acceso informal a la vía, señalización deteriorada, cunetas profundas, señal informativa inadecuada, pedestal de concreto de señal vertical, terminal de barrera metálica, homologación de barrera metálica-baranda del puente.

Figura 3.15: EISV en el Km 232+200 (zona con altitud > 3800msnm)



Fuente: Trabajo de campo.

Se observa señalización horizontal deteriorada, cunetas profundas, ausencia de sistema de contención (en su reemplazo existen delineadores con postes de concreto).

Figura 3.16: EISV en el Km 175+500 (zona con altitud > 3800msnm)



Fuente: Trabajo de campo.

Se observa calzada resbalosa por presencia de nieve y lluvia, señalización horizontal deteriorada, cunetas profundas, señal vertical inadecuada (poste de concreto, señal de no adelantar mal ubicado), ausencia de sistema de contención (en su reemplazo existen delineadores con postes de concreto).

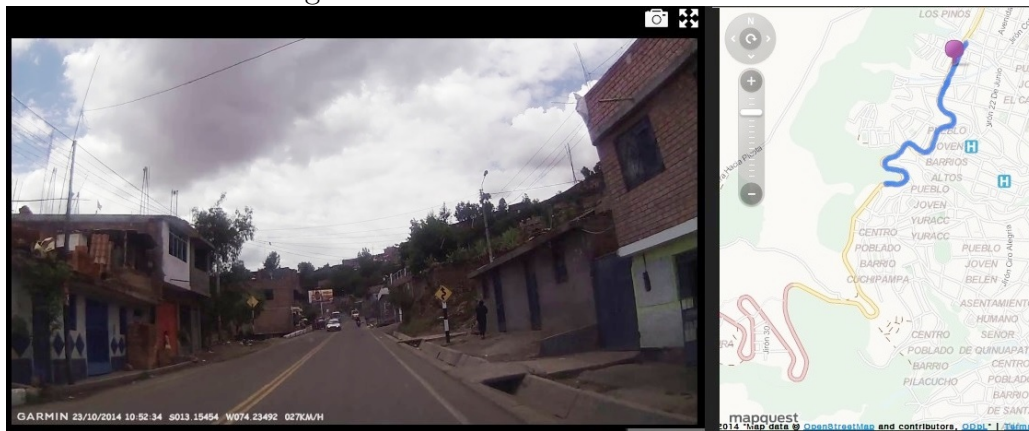
## 3.5. Identificación de Secciones Homogéneas.

Al realizar la auditoría en la carretera en estudio se ha identificado secciones homogéneas (SEH) que posee características similares como: Volumen de tráfico, geometría, uso de suelo, zona lateral de la vía, altitud (factor climático), etc. Estas secciones representan también a los TCA identificados.

### 3.5.1. Sección 01: Zona urbana.

1. **Ciudad (inicio y fin de la vía).**- Segmento de vía urbana con viviendas dispuestas a ambos lados de la vía, presencia de peatones y con el IMD superior al promedio de la carretera, uso de suelo de la vía distinto, sección de la vía, intersecciones, límites de velocidad y señalización horizontal (Figura 3.17).
2. **Centros Poblados (pasos urbanos).**- Segmento de vía con presencia de peatones (viviendas en las zonas laterales de la vía), el flujo vehicular no varía significativamente al IMD promedio de la carretera, éstos se tratan de poblaciones rurales a lo largo de la vía.

Figura 3.17: Sección 01: Zona urbana.

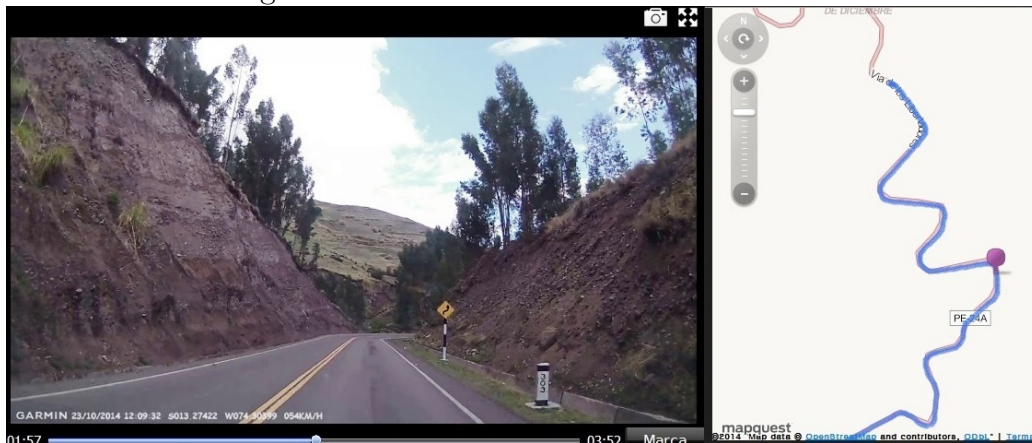


Fuente: Trabajo de campo, Km 329+200 (Ayacucho) - TCA N° 19, 20.

### 3.5.2. Sección 02: Tramo sinuoso.

1. **Zona sierra ( $\leq 3,800$ msnm).**- Segmento con geometría sinuosa (Figura 3.18), sección típica con zona lateral con talud del cerro, y la otra con talud de relleno y/o abismo, poca presencia de neblina, altitud no supera los 3,800 msnm.

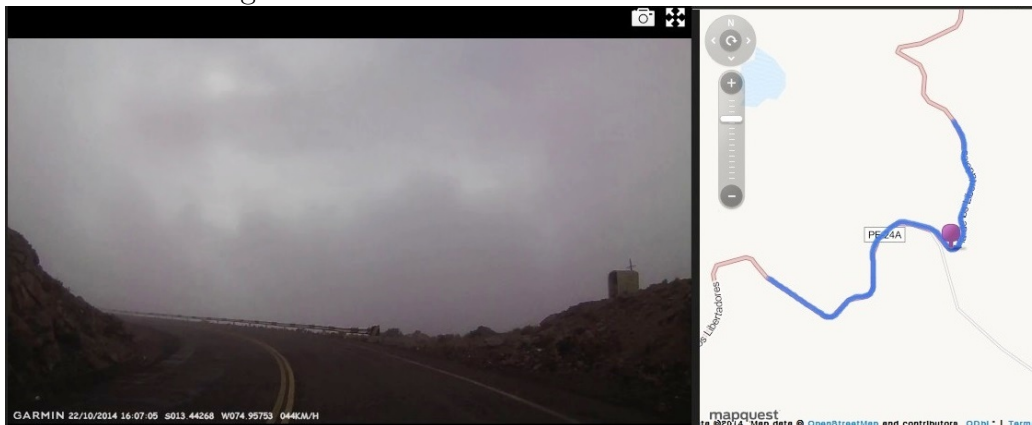
Figura 3.18: Sección 02: Zona Sierra Sinuoso.



Fuente: Trabajo de campo, Km 303+000, TCA N° 15,16,17,18.

2. **Zona altoandina (> 3,800msnm).**- Segmento con geometría sinuosa, sección típica con zona lateral con taludes del cerro, y la otra con talud de relleno y/o abismo, presencia predominante de neblina y nieve (Figura 3.19), altitud supera los 3,800 msnm.

Figura 3.19: Sección 02: Zona altoandina sinuosa.



Fuente: Trabajo de campo, Km 181+600, TCA N°05,06,09.

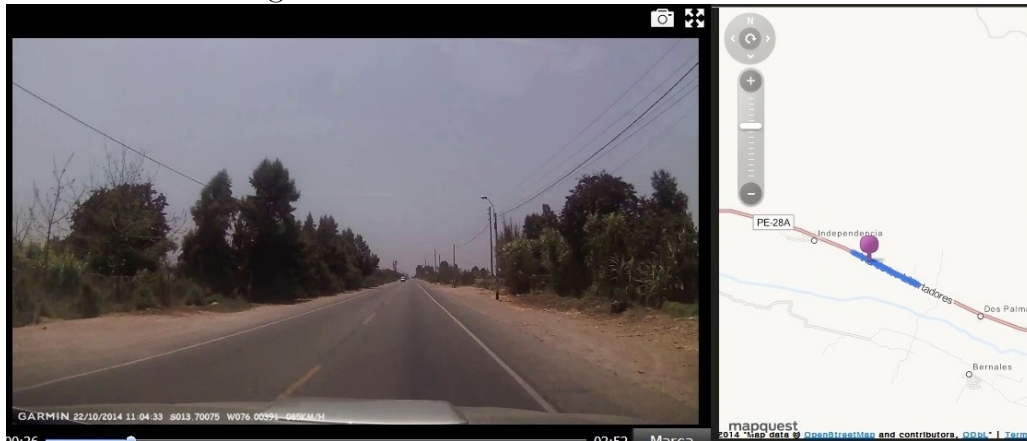
### 3.5.3. Sección 03: Tramo recto.

1. **Zona costa.-**

Tramo con poca sinuosidad (Figura 3.20), sección típica tiene la zona lateral llana en ambos márgenes, los vehículos se desplazan a velocidades superiores a 80 Km/h.



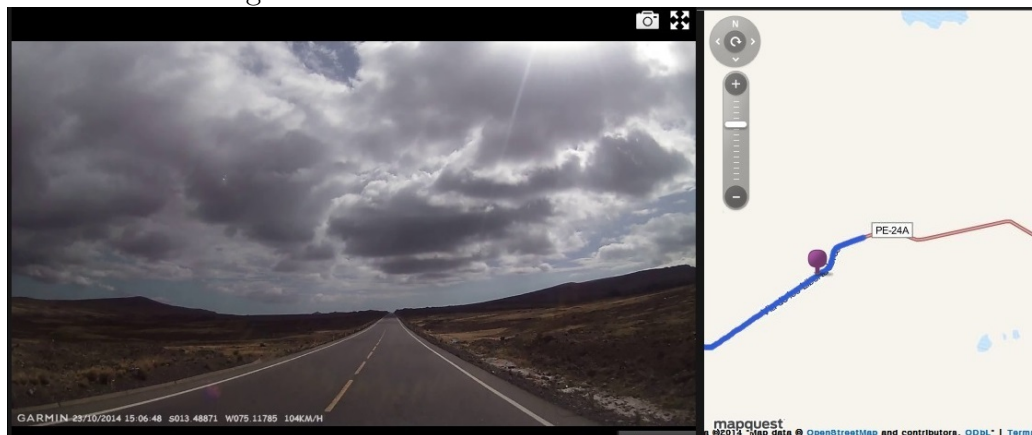
Figura 3.20: Sección 03: Tramo recto costa.



Fuente: Trabajo de campo, Km 19+500, TCA N° 01.

2. **Zona recta altoandina (> 3,800msnm).**- Tramo con poca sinuosidad (Figura 3.21), sección típica tiene una zona lateral llana en ambas márgenes, los vehículos se desplazan a velocidades superiores a 80 Km/h, el factor predominante por su altitud es la presencia de neblina y nieve.

Figura 3.21: Sección 03: Tramo recto altandina.



Fuente: Trabajo de campo, Km 158+100, TCA N° 04.

## 3.6. Auditoría de la vía en Proyecto: *Caso 2*.

En el caso 02 se va realizar la auditoría de una carretera nacional en el *Ciclo de Pre-Inversión e Inversión*, principalmente del Estudio definitivo del proyecto, aprovechamos también para verificar en la Construcción por la situación actual.

### 3.6.1. Información general de la carretera en estudio.

Nombre	: Carretera Nacional Ayacucho - San Francisco.
Código de ruta	: PE - 28B.
Ubicación	: Departamento de Ayacucho, Prov. Huamanga, Huanta y La Mar.
Tramo	: Challhuamayo - San Francisco, L=93.92 Km.
Inicio	: Challhuamayo, KM 78+500
Fin	: San Francisco, KM 172+420.
IMD (2013)	: T(I)=804, T(II)=648, T(III)=775, Fuente: Consorcio Pichari.
Superf. Rodadura	: Actual: afirmada, Proyecto: asfaltado.
Altitud	: Abra Tapuna (Máx. 3,840 msnm), San Francisco (Mín. 640 msnm).

La Carretera Nacional PE-28B, consta de 172.42 Km, en esta vía se distinguen 03 tramos con las siguientes características:

- Tramo I : Km 0+000 (Emp PE-3S) - Km 26+000 (Quinua), vía asfaltada año 2006.
- Tramo II : Km 26+000 (Quinua) - Km 78+500 (Challhuamayo), vía asfaltada año 2013.
- Tramo III : Km 78+500 (Challhuamayo) - Km 172+420 (San Francisco), vía en construcción a partir del abril-2012. En el tramo III se realiza la auditoría - caso 2.

Figura 3.22: Tramo III, elegido para desarrollo de la Auditoría de Seguridad Vial.



Fuente: Elaboración Propia, del Google Maps.

### 3.6.2. Estudio de la información del proyecto.

La información del proyecto se obtuvo del Estudio Definitivo: "Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Quinua - San Francisco, tramo Km 78+500 - Km 172+420" proporcionados por el contratista de ejecución de obra, se extraen aspectos principales a tener en cuenta en la ASV.

#### A. Aspectos del Estudio de Pre-inversión.

La información respecto al estudio de Pre-inversión es escasa, el código SNIP del PIP es 16256, en los aspectos complementarios sobre la viabilidad del proyecto de inversión: Viabilidad pública, ambiental, sociocultural, institucional y en la técnica se describe únicamente: *Cumplirá los parámetros técnicos que exige una red vial nacional*, es decir con la realidad y situación actual de nuestras vía nacionales, aún no se cuenta estrategias en mejoras de la Seguridad Vial.

#### B. Características geométricas de la vía.

Número de carriles	: 02.
Ancho de calzada	: 6.60 m.
Bermas	: 0.50 m.
Cunetas (L X h)	: 1.20x0.50 m.
Pendiente de sección transversal	: 2.50 %
Pendiente máxima	: 9.75 %.
Pendiente mínima	: 0.50 %.
Asfaltado en caliente	: 0.075 m.
Velocidad de diseño	: 30.00 Km/h
Radio mínimo	: 25.00 m

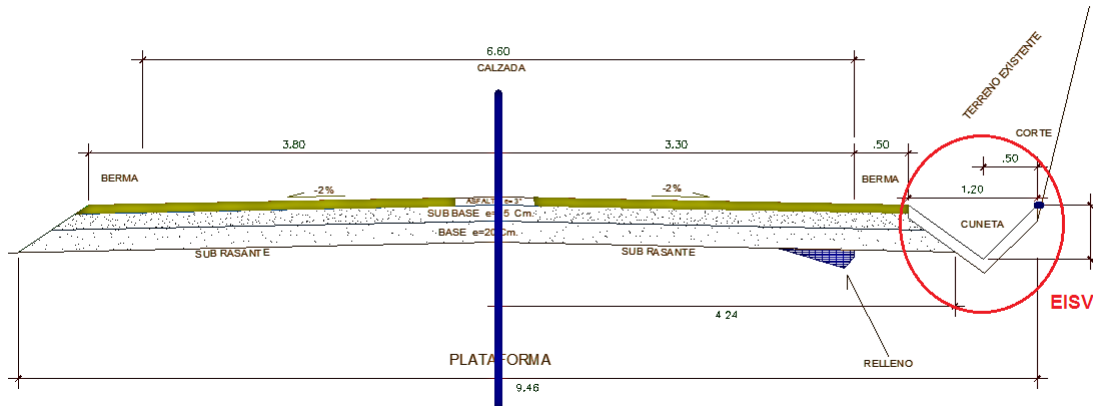
#### C. Planos en planta y sección transversal de la vía.

Se tienen planos en planta y perfil longitudinal, plano esquema de señalización en este último se indican la ubicación y distribución de señalización vertical, horizontal, guardavías, obras drenaje transversal, plazoletas de estacionamiento, etc. La sección típica (Fig. 3.23) en zona rural y zona urbana es la misma (01 calzada de 02 carriles).

#### D. Estudio de Señalización y Seguridad Vial.

En el proyecto se encontró datos respecto a registro de accidentes de tránsito que corresponde a 03 años 2007, 2008 y 2009 con un total de 40 accidentes, esta información es escasa y desfazada que no permite realizar inferencia estadística alguna.

Figura 3.23: Sección transversal típica de la vía para zona rural.



Fuente: Estudio definitivo del proyecto.

*La sección típica para zona rural y zona urbana difiere únicamente en las cunetas, en pasos por zonas urbanas tendrán tapas, siendo éstas mejor para la Seguridad Vial.*

Tabla 3.9: Hoja de presupuesto programado de la componente de seguridad vial.

800	SEÑALIZACION Y SEGURIDAD VIAL				17,369,373.09
801.A	PANEL DE SEÑAL PREVENTIVA (0.60 m X 0.60 m)	und	602.00	290.40	174,820.80
802.I	PANEL DE SEÑAL REGLAMENTARIA (0.90 m X 0.60 m)	und	230.00	330.10	75,923.00
803.C	PANEL DE SEÑAL INFORMATIVA AUXILIAR (0.5 m X 0.6 m)	und	186.00	246.19	45,791.34
803.A	PANELES DE SEÑALES INFORMATIVAS	M2	368.31	452.96	166,829.70
804.A	POSTES DE SOPORTE-SEÑAL PREVENT., REGLAM. E INF.AUX	ML	3,532.40	23.41	82,693.48
804.C	ESTRUCTURA DE SOPORTE DE SEÑALES TIPO E-1 (SEMIPORTICO)	U	36.00	1,522.89	54,824.04
804.D	ESTRUCTURA DE SOPORTE DE SEÑALES TIPO E-2 (PORTICO)	U	127.00	2,079.09	264,044.43
805.A	POSTES DELINEADORES	U	6,098.00	59.06	360,147.88
805.B	TACHA RETROREFLECTIVA	U	18,411.00	13.23	243,577.53
810.A	MARCAS EN EL PAVIMENTO	M2	28,242.28	6.98	197,131.11
810.B	REDUCTOR DE VELOCIDAD TIPO RESALTO DE CONCRETO ASFALTICO	U	46.00	1,330.94	61,223.24
820.D	BARRERA DE SEGURIDAD METALICA BORDE LATERAL N. C. P2 (INCL. TERMINAL)	M	83,330.30	182.33	15,193,613.60
820.E	BARRERA DE SEGURIDAD METALICA PARA BORDE PUENTE N. C. P3 (INCL. TERMINAL)	M	872.00	499.17	435,276.24

Estudio Definitivo para la Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Quinua-San Francisco,  
Tramo: Km. 78+500 al Km. 172+420

CONSORCIO WARI II

Fuente: Estudio definitivo del proyecto.

*Los elementos de seguridad vial programados se ha verificado en los planos y la hoja de presupuestos del proyecto (Tabla 3.9), y éstos en la inspección en campo para identificar elementos de inseguridad vial y situaciones de riesgo que afecten la seguridad.*

### 3.6.3. Inspección en Campo.

Al igual que en el *Caso 1: Vía en Servicio*, esta fase de la auditoría se realiza en campo de la vía que será construída o en construcción. Se ha realizado visitas a la vía para estudiar su comportamiento, características, entorno, accidentes ocurridos, condiciones climáticas de día, noche, lluvia, neblina, con nieve.

Figura 3.24: Inicio de Tramo III, para desarrollo de la Auditoría de Seguridad Vial.



Fuente: Trabajo de Campo.

### 3.6.4. Identificación de elementos de inseguridad vial(EISV)

- De acuerdo a la información obtenida del Estudio definitivo del proyecto: "*Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Quinua - San Francisco, tramo Km 78+500 - Km 172+420*", referente a las componentes de Ingeniería del proyecto, planos en planta y sección transversal, planos de señalización y detalles, presupuestos de seguridad vial.
- Se ha realizado visitas a la carretera proyecto en 04 oportunidades para estudiar el comportamiento de la vía, características, condiciones climáticas de día, noche, lluvia, neblina, con nieve, etc.
- Para identificar los elementos de inseguridad vial (EISV) se han agrupado a las 20 consideraciones de seguridad vial planteados en el ítem 3.1.2 del presente capítulo.
- Se han identificado 33 típicos elementos potencialmente peligrosos, agrupados en 16 consideraciones de seguridad vial (tipo de infraestructura de la vía), los códigos han sido mantenidos de la tabla 3.8.

Tabla 3.10: Elementos de inseguridad vial agrupados en 16 aspectos de Seguridad Vial en etapa en Proyecto/Contrucción.

Código	Aspectos o consideraciones SV Tipo de Infraestructura	Elementos de Inseguridad Vial (EISV)	Item
3	Señalización Vertical	Ausencia de señalización vertical.	1
		Inadecuada ubicación y uso de señalización vertical.	2
		Postes de concreto de señalización vertical y delineadores.	3
4	Diseño geométrico	Combinación de curva vertical y horizontal.	4
		Insuficiente sobre ancho en curvas.	5
		Visibilidad limitada.	6
5	Gestión de Velocidades (Límites de velocidad)	Deficiente gestión de velocidades en curvas.	7
		Deficiente gestión de velocidades en tangentes.	8
6	Intersecciones y accesos	Accesos informales a otras vías.	9
		Ingresos - salidas a espacios públicos y privados (viviendas).	10
		Deficiente administración de velocidades.	11
7	Sistema de Contención Vehicular	Ausencia de sistemas de contención vehicular (barreras metálicas).	12
		Falta de homologación de sistemas de contención vehicular.	13
		Dimensión insuficiente de muro de contención de concreto.	14
8	Puentes y pontones.	Terminales inadecuados de las barandas.	15
		Deterioro de la superficie de rodadura.	16
		Falta de señalización y límites de velocidad en proximidad a puentes.	17
		Reducción en la sección transversal.	18
9	Obras de drenaje	Cuneta profunda y destapada.	19
		Sardinela de concreto en alcantarillas (cabezales de ingreso-salida)	20
10	Zona lateral de la vía	Corta longitud de la zona de recuperación (en caso de despiste),	21
		Inclinación de talud del terreno aledaño a la vía	22
11	Pasos por zonas urbanas	Inadecuada organización para cruces peatonales.	23
12	Inestabilidad geológica	Derrumbes, caída de piedras (taludes sin estabilizar)	24
13	Factores climáticos	Inadecuada señalización vial para zonas con condiciones de neblina, lluvia y nieve.	25
14	Obras en la vía	Deficiente señalización en zonas de trabajo en la vía.	27
		Visibilidad limitada por ausencia de control de polvo-fase construcción	28
16	Peatones y Ciclistas en la vía	Peatones en la berma o calzada sin señalización.	29
17	Animales en la vía	Presencia de animales en la berma o calzada.	30
19	Iluminación	Insuficiente disposición de elementos reflectantes (tachas, capta faros)	31
20	Otros	Vehículos de apariencia obsoleta	32
		Ausencia de la cobertura de servicio de telefonía post-accidente	33

Fuente: Elaboración Propia.

### Representación gráfica de elementos de inseguridad vial(EISV).

En la figura 3.25 del Km 85+200, en la vía en construcción se observan los elementos de inseguridad vial: bordillos de concreto de alcantarillas, cunetas profundas, obstáculos en la vía, zonas laterales con pendientes pronunciados sin sistemas de contención proyectados, sin proyecciones de señalización vial por factores climáticos, para zonas de trabajo, sin sistemas de contención proyectados, únicamente están considerados en curvas, etc.

Figura 3.25: EPs en el Km 85+200 (zona rural).



Fuente: Trabajo de campo, fecha 25/11/2014

### 3.6.5. Identificación de Secciones Homogéneas(SEH)

En esta vía, en la mitad del tramo corresponde a Sección sinuosa de sierra y altoandina, sin embargo se ha identificado 2 nuevas secciones:

#### 1. Selva alta.-

Este tramo como sección homogénea corresponde una sección sinuosaa (altitud inferior a 2000msnm hasta 700msnm), con factor predominante la presencia de neblina, lluvia e inestabilidad geológica con futuros asentamientos de plataforma y derrumbes (para el caso de estudios no se ha previsto tratamiento de estabilidad de taludes).

#### 2. Selva baja.-

Este tramo como sección homogénea corresponde una sección sinuosaa (altitud inferior a 700msnm), con factor predominante la presencia de temperatura alta del ambiente, vegetación frondosa, lluvia permanenete en 7 meses/año.



## 4 Análisis, Resultados y Contrastación

### 4.1. Análisis y resultados de accidentalidad.

#### 4.1.1. Accidentes de tránsito a nivel nacional.

##### 4.1.1.1. Parque automotor y la relación con los accidentes de tránsito.

Una de las principales variables relacionadas a la ocurrencia de accidentes de tránsito es el tamaño del parque automotor. En la Tabla 4.1 se muestra el incremento del número de vehículos en la última década, sin embargo la tasa de mortalidad por 1,000 accidentes **muestra una tendencia homogénea**.

##### *Análisis:*

Mediante una correlación de Años (x) e incremento del Parque automotor (y) se ha calculado una ecuación con mejor ajuste del *coeficiente de correlación*  $R^2 = 0.994$ , y se obtiene la ecuación polinómica:

$$y = 14398x^2 + 88821x + 1 * 10^6 \quad (4.1.1)$$

Así mismo la correlación de Años (x) y el número de accidentes (y), cuyo  $R^2 = 0.90$  se obtiene la ecuación polinómica:

$$y = 222.98x^2 - 654.37x + 74955 \quad (4.1.2)$$



Tabla 4.1: Muertes por cada 10,000 vehículos y por cada 1,000 accidentes, 2002-2013.

AÑO	Parque Automotor	Nº Accidentes de tránsito	Muertos	Heridos	Accidentes por 10,000 Vehículos	Muertos por 1,000 accidentes
2002	1,248,512	74,221	2,929	32,816	594	39
2003	1,342,288	74,612	2,856	32,671	556	38
2004	1,707,381	74,401	3,103	34,752	436	42
2005	1,869,078	74,870	3,302	40,523	401	44
2006	1,976,532	77,840	3,481	46,832	394	45
2007	2,133,690	79,972	3,510	49,857	375	44
2008	2,394,387	85,537	3,489	50,059	357	41
2009	2,826,909	86,026	3,243	48,395	304	38
2010	3,155,614	83,650	2,856	49,712	265	34
2011	3,548,231	84,495	3,531	49,291	238	42
2012	3,986,241	94,972	3,273	54,366	238	34
2013	4,249,381	102,762	3,110	59,453	242	30

Fuente: P.N.P.-Estado Mayor General/DIRPEP-DIVEST-UP.G SUNARP.

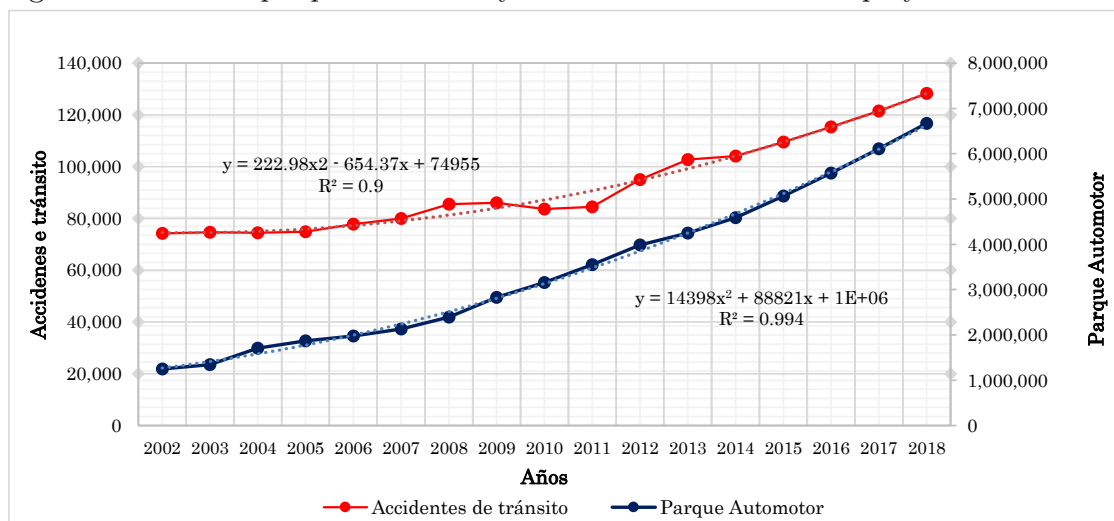
Con las ecuaciones 4.1.1 y 4.1.2 se proyecta el tamaño del parque automotor y número de accidentes para los siguientes 05 años 2014-2018 en condiciones actuales (Tabla 4.2), observándose el incremento del número de accidentes, siendo muy necesario reducir estas cifras mediante aplicación de Auditorías de Seguridad Vial.

Tabla 4.2: Parque automotor con proyección 2014-2018.

AÑO	Parque Automotor	Nº Accidentes de tránsito
2002	1,248,512	74,221
2003	1,342,288	74,612
2004	1,707,381	74,401
2005	1,869,078	74,870
2006	1,976,532	77,840
2007	2,133,690	79,972
2008	2,394,387	85,537
2009	2,826,909	86,026
2010	3,155,614	83,650
2011	3,548,231	84,495
2012	3,986,241	94,972
2013	4,249,381	102,762
2014	4,587,935	104,132
2015	5,065,502	109,498
2016	5,571,865	115,310
2017	6,107,024	121,568
2018	6,670,979	128,272

Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.1: Gráfico parque automotor y accidentes de tránsito con proyección 2002-2018.



Fuente: Elaboración propia.

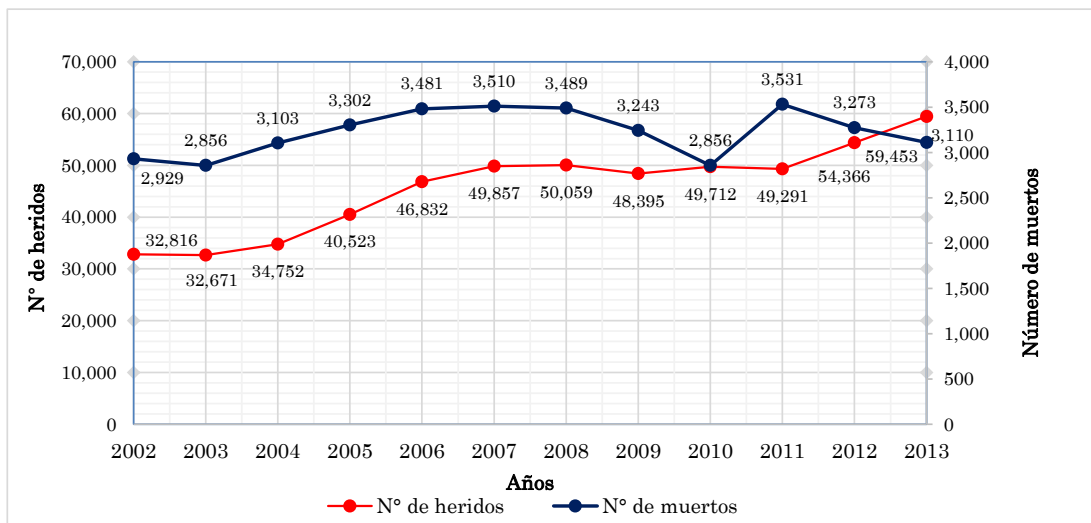
**Análisis:**

- En la Figura 4.1, se muestra el incremento de tamaño del parque automotor y el número de accidentes de tránsito; por lo que se realiza las proyecciones 2002-2018.
- La tendencia de la línea del número de accidentes es ascendente hasta el año 2008, luego se estabiliza hasta el año 2011 y nuevamente es ascendente, entonces se analiza ¿porqué? de los puntos de quiebre 2008 y 2011.
- A partir del año 2008 en el Perú mediante el MTC a través de Provías Nacional inicia la política de Proyecto Perú, que es mejorar la superficie de rodadura de las vías nacionales, entonces durante los primeros tres años - corto plazo ha reducido el número de accidentes, sin embargo a partir del 2011 nuevamente se incrementa los accidentes de tránsito, quiere decir que el mejoramiento de la superficie de rodadura debe incluir el mejoramiento de la Seguridad Vial.

En la Figura 4.2, se observa que el número de heridos por accidentes de tránsito registrados por la Policía Nacional es ascendente en los últimos años; de igual manera, se observa que para el periodo 2010-2013, la tendencia de la mortalidad fue ascendente.

De acuerdo a estos registros, la presente investigación mediante Auditorías de Seguridad Vial se enfoca a reducir las cifras de muertes y lesiones (que son más importantes) y no únicamente centrarse en la reducción del número de accidentes de tránsito.

Figura 4.2: Grafico número de heridos y muertes por accidentes de tránsito, 2002-2013.

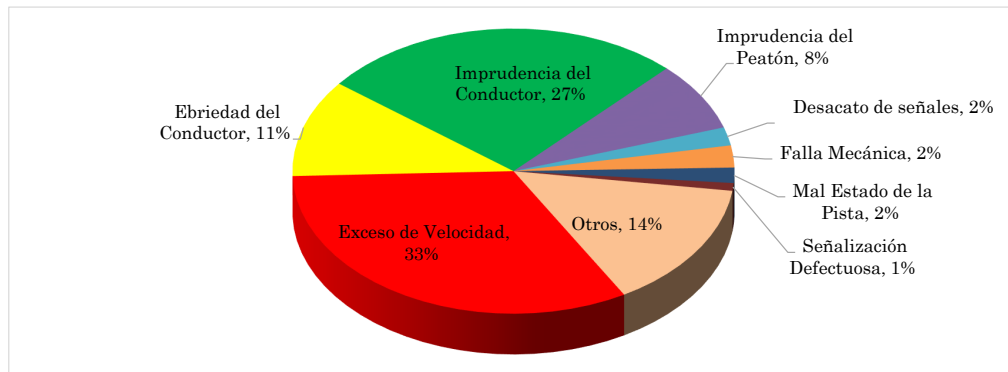


Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.1.2. Accidentes de tránsito según causa.

Los resultados estadísticos de los últimos 10 años y del 2012 (Tabla 4.3), realizados por la PNP y el MTC sobre las posibles causas del accidente reportados indican que el 33% se debe a exceso de velocidad, el 27% por imprudencia del conductor, 9% por ebriedad del conductor, 6% por imprudencia del peatón, 3% por fallas mecánicas, y de 2% a 1% por causas de la infraestructura vial, señalización vial, y un 17% a otras causas (Figura 4.3). Esta estadística incluye accidentes de tránsito ocurridos en carreteras y en zonas urbanas.

Figura 4.3: Gráfico de porcentaje de accidentes de tránsito según causa, 2002-2012.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.3: Número de accidentes de tránsito según causa, 2002-2012.

CAUSA	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Exceso de Velocidad	25,916	25,312	23,615	24,188	24,764	24,923	25,543	24,981	26,164	27,129	31,135
%	35	34	32	32	32	31	30	29	31	32	33
Ebriedad del Conductor	6,191	6,732	6,852	6,368	7,324	7,555	8,536	9,112	7,303	8,929	10,506
%	8	9	9	8	9	9	10	11	9	11	11
Imprudencia del Conductor	19,288	19,861	18,827	19,469	19,776	20,654	22,165	23,390	23,361	23,132	25,341
%	26	27	25	26	25	26	26	27	28	27	27
Imprudencia del Peatón	4,970	5,126	6,177	6,749	7,043	7,796	7,332	6,961	7,042	6,407	7,445
%	7	7	8	9	9	10	9	8	8	8	8
Desacato de señales	1,667	1,825	2,150	2,034	2,277	1,898	1,602	1,903	2,147	1,747	1,961
%	2	2	3	3	3	2	2	2	3	2	2
Falla Mecánica	2,150	1,913	2,077	2,077	2,306	2,297	2,547	2,343	2,077	2,322	2,371
%	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	2
Mal Estado de la Pista	1,260	1,141	1,020	1,144	976	1,082	1,505	1,287	1,101	1,225	1,649
%	2	2	1	2	1	1	2	1	1	1	2
Señalización Defectuosa	624	550	610	670	646	740	921	833	700	856	831
%	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Otros	12,155	12,152	13,344	12,313	12,728	13,027	15,186	15,216	13,758	12,748	13,733
%	16	16	18	16	16	16	18	18	16	15	14
TOTAL	74,221	74,612	74,672	75,012	77,840	79,972	85,337	86,026	83,653	84,495	94,972
%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Fuente: Accidentes declarados en Unidades de la P.N.P. - M.T.C.

#### 4.1.1.3. Accidentes de tránsito por departamentos en carreteras y zonas urbanas.

El mayor porcentaje de lesiones por accidentes de tránsito en zonas de carretera ocurrieron en los departamentos de Huancavelica (92.0%), Ayacucho (75.8%), Junín (72.5%) y Apurímac (72.2%); por las características geográficas de la región sierra de nuestro país, es necesario identificar los factores primordiales para la ocurrencia del accidentes de tránsito, al margen de las condiciones ambientales propias de la región, y así plantear intervenciones específicas y oportunas para reducir estos índices. Los departamentos con mayor porcentaje de lesionados en zona urbana fueron Loreto (89.0%), San Martín (81.7%) y Lima (80.0%) como muestra la Tabla 4.4.

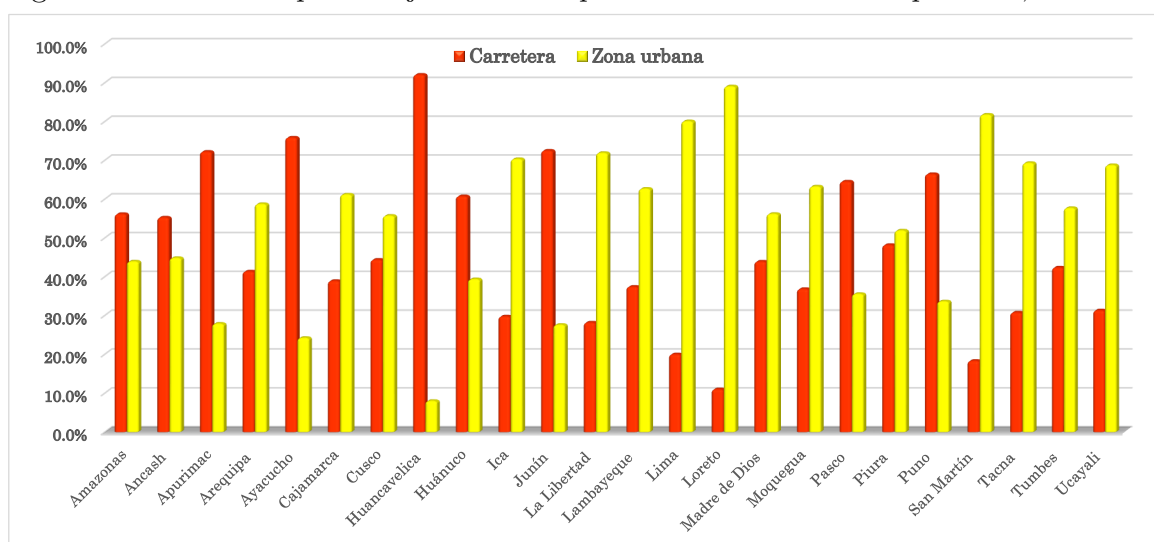
De la Tabla 4.4 por la relación directa de lesionados por accidentes de tránsito concluimos que en el Perú los accidentes de tránsito ocurren el 33% en Carreteras y el 67% en Zonas urbanas. Los accidentes de tránsito ocurridos en zonas urbanas con mayor porcentaje son Loreto, San Martín y Lima, que corresponden a las regiones Selva y Costa. Los accidentes de tránsito ocurridos en carreteras con mayor porcentaje son Huancavelica, Ayacucho, Junín y Apurímac, departamentos que pertenecen a la región sierra del Perú (Figura 4.4).

Tabla 4.4: Lesionados por zona y departamentos de accidentes de tránsito 2007-2012.

DEPARTAMENTO	CARRETERA		ZONA URBANA	
	Lesionados	%	Lesionados	%
Amazonas	1,068	56.1%	835	43.9%
Ancash	386	55.2%	313	44.8%
Apurímac	695	72.2%	268	27.8%
Arequipa	2,753	41.3%	3,911	58.7%
Ayacucho	2,067	75.8%	659	24.2%
Cajamarca	1,328	38.9%	2,089	61.1%
Cusco	548	44.3%	688	55.7%
Huancavelica	1,861	92.0%	161	8.0%
Huánuco	1,937	60.7%	1,254	39.3%
Ica	480	29.7%	1,135	70.3%
Junín	1,773	72.5%	674	27.5%
La Libertad	1,292	28.1%	3,299	71.9%
Lambayeque	349	37.4%	585	62.6%
Lima	9,270	20.0%	37,162	80.0%
Loreto	562	11.0%	4,561	89.0%
Madre de Dios	357	43.9%	457	56.1%
Moquegua	259	36.8%	445	63.2%
Pasco	772	64.5%	425	35.5%
Piura	713	48.1%	768	51.9%
Puno	1,977	66.4%	1,000	33.6%
San Martín	363	18.3%	1,623	81.7%
Tacna	51	30.7%	115	69.3%
Tumbes	751	42.3%	1,023	57.7%
Ucayali	1,557	31.3%	3,420	68.7%
<b>TOTAL</b>	<b>33,169</b>	<b>33.2%</b>	<b>66,870</b>	<b>66.8%</b>

Fuente: Sistema de vigilancia de lesiones por accidentes de tránsito MINSA-DGE.

Figura 4.4: Gráfico de porcentaje de lesiones por accidentes de tránsito por zona, 2007-12.



Fuente: Elaboración propia con datos de MINSA.

#### 4.1.2. Accidentes de tránsito en la vía Los Libertadores.

Los registros de accidentes de tránsito para la vía Los Libertadores corresponde a 03 años 2012, 2013 y 2014, siendo del año 2013 los datos más completos y que representan a toda la vía (Ica - Huancavelica - Ayacucho), del 2012 y 2014 se tiene principalmente de la Jurisdicción del departamento de Ayacucho.

##### 4.1.2.1. Número de accidentes de tránsito y víctimas.

###### *Número de accidentes de tránsito:*

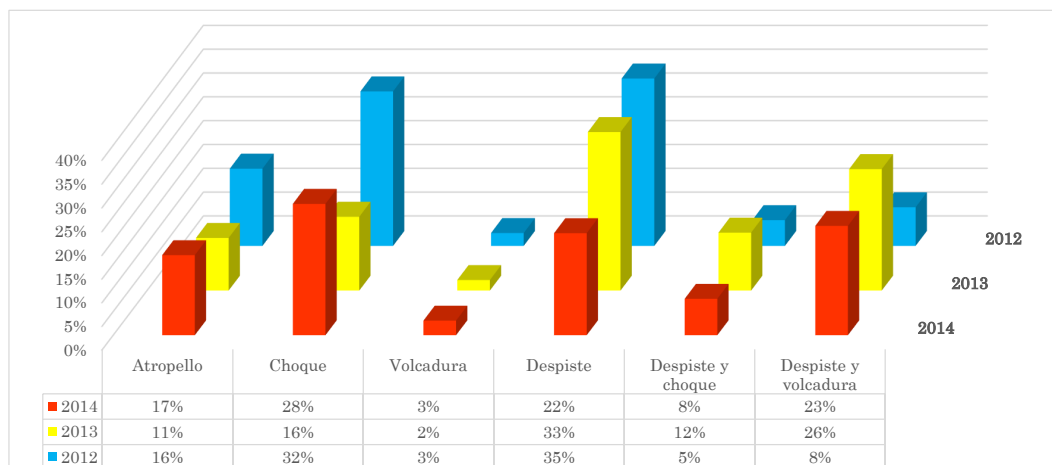
Se han registrado 192 accidentes, con 54 fallecidos y 512 heridos en 03 años.

Tabla 4.5: Accidentes de tránsito en la vía Los Libertadores según tipología, 2012-2014

Tipología	2012		2013		2014		Total	
	Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad	%
Atropello	6	16%	10	11%	11	17%	<b>27</b>	14%
Choque	12	32%	14	16%	18	28%	<b>44</b>	23%
Volcadura	1	3%	2	2%	2	3%	<b>5</b>	3%
Despiste	13	35%	30	33%	14	22%	<b>57</b>	30%
Despiste y choque	2	5%	11	12%	5	8%	<b>18</b>	9%
Despiste y volcadura	3	8%	23	26%	15	23%	<b>41</b>	21%
<b>Total</b>	<b>37</b>	100%	<b>90</b>	100.0%	<b>65</b>	100%	<b>192</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración Propia con datos PNP Humay, Huaytará y Ayacucho, y otros.

Figura 4.5: Gráfico de porcentaje de accidentes de tránsito por tipología del 2012-2014.



Fuente: Elaboración Propia.

La Tabla 4.5 y la Figura 4.5 ilustran el porcentaje de accidentes de tránsito según la tipología, el 14% por atropello, 23% por choque, 3% por volcadura y un 60% por

despiste (incluye despiste, despiste-choque, despiste-volcadura), concluyendo que en la vía Los Libertadores de 05 accidentes de tránsito ocurridos, 03 son por despiste y 01 por choque, 01 por atropello ó 01 por volcadura. El tipo de *choque* ocurre entre vehículos, *volcadura* en la vía y los *despistes* por despiste y choque (generalmente a talud del cerro o cuneta), despiste y volcadura (al abismo), y simplemente despiste (sin detallar en la fuente), ello amerita plantear medidas para mitigar los accidentes por despiste.

#### **Número de víctimas por accidentes:**

Se reportaron 54 víctimas fatales y 512 heridos producto de los accidentes de tránsito en la vía Los Libertadores en el periodo 2012 - 2014.

Tabla 4.6: Número de víctimas según tipología del accidentes, 2012-2014

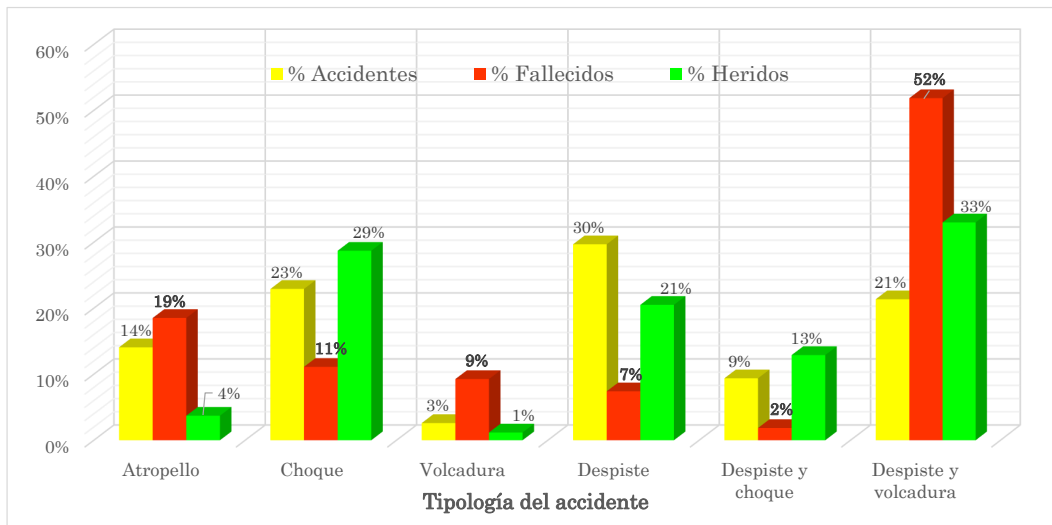
Tipología	2012		2013		2014		Total		%	
	Fallecid.	Heridos	Fallecid.	Heridos	Fallecid.	Heridos	Fallecid.	Heridos	Fallecidos	Heridos
Atropello	3	3	5	7	2	9	10	19	19%	4%
Choque	1	32	3	58	2	57	6	147	11%	29%
Volcadura	1	1	3	3	1	2	5	6	9%	1%
Despiste	0	11	4	84	0	10	4	105	7%	21%
Despiste y choque	0	1	1	24	0	41	1	66	2%	13%
Despiste y volcadura	6	35	10	77	12	57	28	169	52%	33%
<b>TOTAL</b>	<b>11</b>	<b>83</b>	<b>26</b>	<b>253</b>	<b>17</b>	<b>176</b>	<b>54</b>	<b>512</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración Propia con datos PNP Humay, Huaytará y Ayacucho, y otros.

En la Tabla 4.6 y la Figura 4.6 ilustran la cantidad y porcentaje de víctimas fatales y heridos según la tipología de accidente resultando el tipo *Despiste y volcadura* con mayor fatalidad, 52% de víctimas fatales y 33% de heridos, seguido del 23% de fallecidos por atropello, 29% de heridos por choque.

Del análisis hecho se concluye que el tipo de accidente *despiste y volcadura* es la que produce mayor número de **víctimas fatales**, seguido de *atropello* y *choque*, para el caso de **heridos** el *despiste y volcadura* produce mayor cifra, seguido de choque y despiste. Por lo que, se debe plantear medidas mas eficientes para mitigar los accidentes por *despiste y volcadura*.

Figura 4.6: Gráfico del porcentaje de accidentes y víctimas por tipología 2012-2014



Fuente: Elaboración Propia.

**Análisis de zona de ocurrencia del accidentes y su severidad.**

En la Tabla 4.6 y Figura 4.6 se observa que el mayor porcentaje de víctimas fatales es producto del *despiste y volcadura* a pesar que no es el tipo con mayor número de accidentes, ello implica hacer una análisis en que zona de la sección transversal de la vía ocurre mayor severidad producto de accidente, considerando la vía en 02 zonas definidas, 1° la *calzada de la vía* y 2° la *zona lateral de la vía*.

Tabla 4.7: Zona de la vía de ocurrencia de accidentes y víctimas.

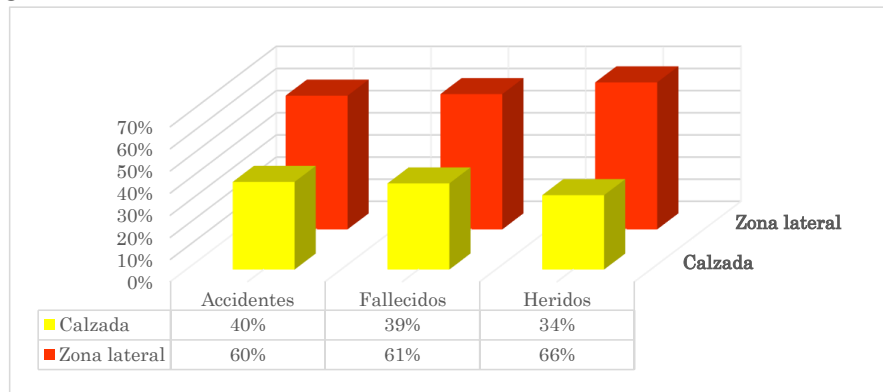
Tipología	Accidentes		Fallecidos		Heridos		Análisis de la zona de la vía de ocurrencia - Porcentaje			
	Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad	%	Zona/sección	Accidentes	Fallecidos	Heridos
Atropello	27	14%	10	19%	19	4%	Calzada	40%	39%	34%
Choque (entre vehículos)	44	23%	6	11%	147	29%	Calzada			
Volcadura (en la vía)	5	3%	5	9%	6	1%	Calzada			
Despiste	57	30%	4	7%	105	21%	Zona lateral	60%	61%	66%
Despiste y choque	18	9%	1	2%	66	13%	Zona lateral			
Despiste y volcadura	41	21%	28	52%	169	33%	Zona lateral			
<b>TOTAL</b>	<b>192</b>	<b>100%</b>	<b>54</b>	<b>100%</b>	<b>512</b>	<b>100%</b>		<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración Propia con datos PNP Humay, Huaytará y Ayacucho, y otros.

En la Tabla 4.7 y la Fig. 4.7 se observa que el % de accidentes, víctimas fatales y heridos ocurrido por despistes son iguales y mayores al 60% y la severidad ocurren en la zona lateral de la vía, por otro lado un % igual y menor a 40% ocurre en la calzada de la vía producto de atropellos, choques entre vehículos y volcaduras.



Figura 4.7: Gráfico % de accidentes y víctimas ocurridos en zona de la vía.



Fuente: Elaboración propia.

Del análisis realizado se concluye que en la **Zona lateral de la vía** ocurren la mayor severidad del accidente mayor porcentaje de víctimas, que en la propia **calzada de la vía**, por lo que, para plantear medidas eficientes para mitigar los accidentes por *despistes*. debe tenerse en cuenta estos indicadores.

**Análisis de causalidad de accidentes y su severidad:**

La causalidad de los accidentes se debe a uno de tres factores, o a un conjunto de estos, siendo los factores el humano, la infraestructura, o el vehículo. En base al análisis de accidentalidad realizado para este caso de estudio, se pretendió determinar el factor prevalente, teniendo en cuenta siempre que los accidentes por naturaleza están sujetos a un conjunto de estos tres factores.

La Tabla 4.8 presenta el número de accidentes por factor principal de causalidad. Dadas las limitaciones (Figura 4.7) en la información fuente, no es posible determinar el factor principal de causalidad con certeza estadística. Sin embargo en base a las observaciones de campo, e investigación, se puede concluir que la vía presenta serias deficiencias en infraestructura, descritos en los subcapítulos siguientes. Estas deficiencias contribuyen a:

- 1) La ocurrencia de accidentes
- 2) La severidad de los accidentes

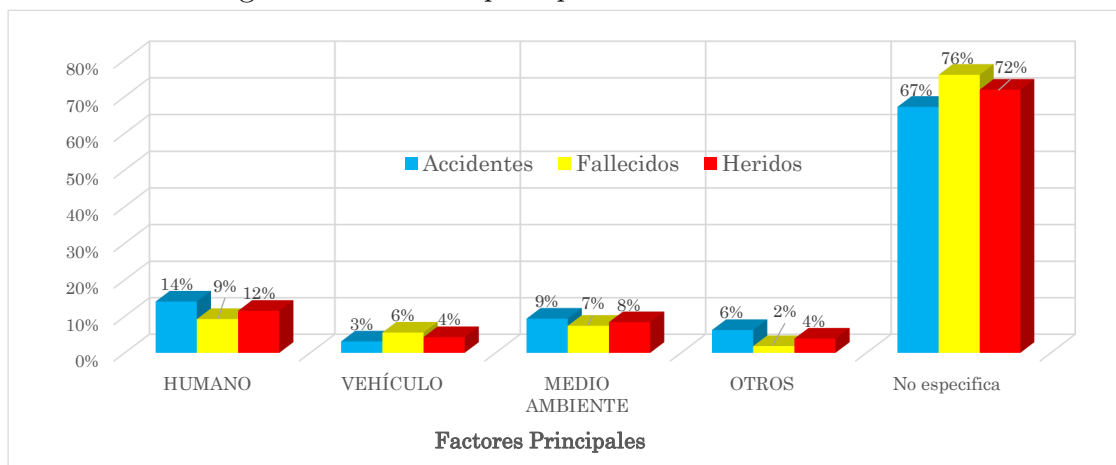
Tabla 4.8: Factores principales de causalidad de accidentes y víctimas.

Factores principales de causalidad	Accidentes	Fallecidos	Heridos
<b>Relacionados con el CONDUCTOR</b>	<b>29</b>	<b>6</b>	<b>68</b>
Exceso de velocidad	6	1	13
Imprudencia del conductor	16	5	50
Ebriedad	2	0	1
Exceso de carga	2	0	0
Somnolencia	3	0	4
<b>Relacionados con el PEATÓN</b>			
Imprudencia del peatón	4	0	4
<b>Relacionados con el VEHÍCULO</b>			
Falla mecánica	6	3	22
<b>Relacionados con el MEDIO AMBIENTE</b>			
Factor climático	18	4	43
<b>OTROS</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>7</b>
Cruce de animales	2	0	6
Caida de piedras	4	0	1
<b>No especifica</b>	<b>129</b>	<b>41</b>	<b>368</b>
<b>TOTAL</b>	<b>192</b>	<b>54</b>	<b>512</b>

Fuente: Elaboración propias con datos PNP Humay, Huaytará y Ayacucho, y otros.

Por este motivo en la investigación se concluye la vía y más específicamente la infraestructura como el factor de mayor influencia en la ocurrencia y/o severidad de los accidentes en la vía en estudio, Los Libertadores del Km 0+000 al Km 331+000.

Figura 4.8: Factores principales de accidentes en la vía.



Fuente: Elaboración propia.

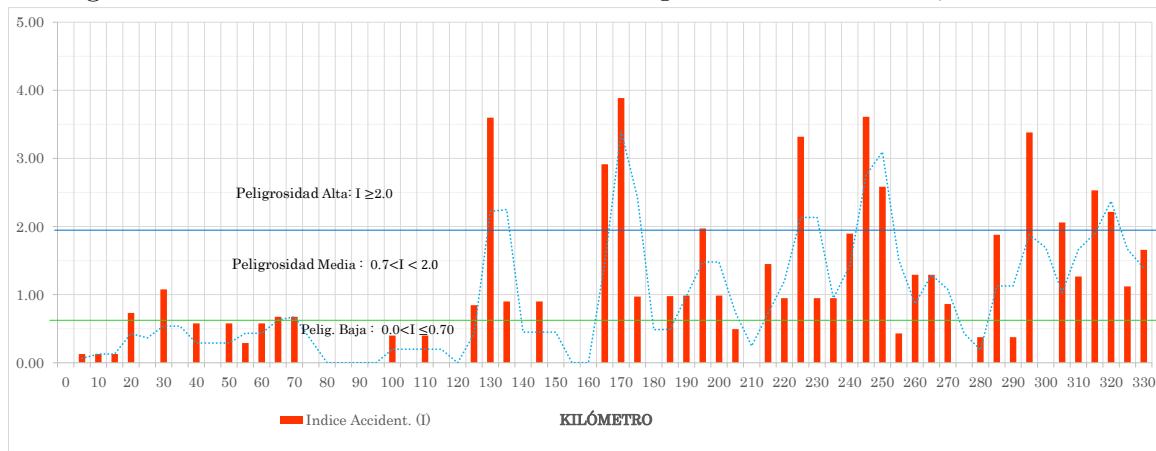
#### 4.1.2.2. Índice de Accidentalidad en la vía Los Libertadores.

El índice de accidentalidad en la vía se realiza para determinar el tramo o segmentos de la vía con mayor riesgo de accidentalidad, este cálculo está en función del volumen vehicular, número histórico de accidentes y su longitud.

La Tabla 4.9 muestra la distribución de accidentes según el Km de la vía segmentada cada 05 Km y el cálculo de la Exposición e **Índice de accidentalidad**. El promedio de accidentes de tránsito en vía periodo 2012 - 2014 es de 86 accidentes/año, con un indicador de 01 accidente de tránsito por cada 04 Km de vía ó 01 accidente de tránsito cada 04 días del año. El promedio ha sido calculado únicamente para este uso, mediante técnica de completación de datos con medias (lugar y tiempo), obteniendo 76 accidentes para el año 2012 y 93 accidentes para el 2014.

Para determinar la peligrosidad del tramo o segmento se ha categorizado de acuerdo al valor del (I): Baja de 0 - 0.69, Media de 0.70 - 1.99 y Alta igual o mayores a 2.0 (cuyo Índice es el mínimo para un TCA de acuerdo a los cálculos de Indices.) El resultado del Índice de Accidentalidad de toda la vía Los Libertadores es igual a  $I=0.94$ , categorizando como un vía de Peligrosidad Media. El gráfico de la Figura 4.9 representa la ubicación de la ocurrencia de los accidentes de tránsito en longitud representado por Km, existiendo tramos con mayor índice de accidentes próximos a los Kms 15, 65, 105, 125, 145, 165, 195, 225, 249, 265, y del 290 al Km 331, éste último tramo con mayor índice próximo a la ciudad de Ayacucho.

Figura 4.9: Gráfico Índice de accidentalidad según ubicación del Km, 2012-2014.



Fuente: Elaboración propia.

4.1. Análisis y resultados de accidentalidad.

Tabla 4.9: Índice de accidentalidad en la vía Los libertadores según Km, período 2012-2014.

Segmento	Depart.	Progresiva		N° de Acciden. Prom.	IMD	Exposición ( E )	Índice Accident. (I)	Peligrosidad	TCA	Corrección Segmento	Geometría planta
		Km i	Km f								
1	Ica	0	5	1	2154	3.93	0.13	Baja		Baja	Recta
2	Ica	5	10	1	2154	3.93	0.13	Baja		Baja	Recta
3	Ica	10	15	1	2154	3.93	0.13	Baja		Baja	Recta
4	Ica	15	20	3	1874	3.42	0.73	Media	TCA	TCA	Recta
5	Ica	20	25	0	1594	2.91	0.00	Baja		Baja	Recta
6	Ica	25	30	3	1272	2.32	1.08	Media	TCA	TCA	Recta
7	Ica	30	35	0	949	1.73	0.00	Baja		Baja	Recta
8	Ica	35	40	1	949	1.73	0.58	Media		Media	Recta
9	Ica	40	45	0	949	1.73	0.00	Baja		Baja	Recta
10	Ica	45	50	1	949	1.73	0.58	Media		Media	Sinuoso moder.
11	Ica	50	55	1	949	1.73	0.29	Baja		Baja	Sinuoso moder.
12	Ica	55	60	1	949	1.73	0.58	Media		Media	Sinuoso moder.
13	Ica	60	65	1	812	1.48	0.67	Baja		Media	Sinuoso moder.
14	Ica	65	70	1	812	1.48	0.67	Baja		Media	Sinuoso moder.
15	Ica	70	75	0	812	1.48	0.00	Baja		Baja	Sinuoso moder.
16	Ica	75	80	0	812	1.48	0.00	Baja		Baja	Sinuoso moder.
17	Ica	80	85	0	812	1.48	0.00	Baja		Baja	Sinuoso moder.
18	Ica	85	90	0	750	1.37	0.00	Baja		Baja	Sinuoso moder.
19	Ica	90	95	0	688	1.26	0.00	Baja		Baja	Sinuoso moder.
20	Ica	95	100	1	688	1.26	0.40	Baja		Baja	Sinuoso moder.
21	Hvca.	100	105	0	688	1.26	0.00	Baja		Baja	Sinuoso moder.
22	Hvca.	105	110	1	688	1.26	0.40	Baja		Baja	Sinuoso moder.
23	Hvca.	110	115	0	688	1.26	0.00	Baja		Baja	Sinuoso moder.
24	Hvca.	115	120	0	688	1.26	0.00	Baja		Baja	Sinuoso
25	Hvca.	120	125	1	649	1.18	0.84	Media		Media	Sinuoso
26	Hvca.	125	130	4	609	1.11	3.60	Alta	TCA	TCA	Sinuoso
27	Hvca.	130	135	1	609	1.11	0.90	Media		Media	Sinuoso
28	Hvca.	135	140	0	609	1.11	0.00	Baja		Baja	Sinuoso
29	Hvca.	140	145	1	609	1.11	0.90	Media		Media	Sinuoso
30	Hvca.	145	150	0	609	1.11	0.00	Baja		Baja	Recta
31	Hvca.	150	155	0	587	1.07	0.00	Baja		Baja	Recta
32	Hvca.	155	160	0	564	1.03	0.00	Baja		Baja	Recta
33	Hvca.	160	165	3	564	1.03	2.91	Alta	TCA	TCA	Recta
34	Hvca.	165	170	4	564	1.03	3.89	Alta	TCA	TCA	Recta
35	Hvca.	170	175	1	564	1.03	0.97	Media		Media	Recta
36	Hvca.	175	180	0	564	1.03	0.00	Baja		Baja	Sinuoso moder.
37	Hvca.	180	185	1	560	1.02	0.98	Media		Media	Sinuoso moder.
38	Hvca.	185	190	1	556	1.01	0.99	Media		Media	Sinuoso
39	Hvca.	190	195	2	556	1.01	1.97	Media	TCA	TCA	Sinuoso
40	Ayacucho	195	200	1	556	1.01	0.99	Media	TCA	TCA	Sinuoso
41	Ayacucho	200	205	1	556	1.01	0.49	Baja		Baja	Sinuoso
42	Ayacucho	205	210	0	556	1.01	0.00	Baja		Baja	Sinuoso
43	Ayacucho	210	215	2	567	1.03	1.45	Media	TCA	TCA	Sinuoso moder.
44	Ayacucho	215	220	1	578	1.05	0.95	Media	TCA	TCA	Sinuoso moder.
45	Ayacucho	220	225	4	578	1.05	3.32	Alta	TCA	TCA	Sinuoso moder.
46	Ayacucho	225	230	1	578	1.05	0.95	Media		Media	Sinuoso moder.
47	Ayacucho	230	235	1	578	1.05	0.95	Media		Media	Sinuoso moder.
48	Ayacucho	235	240	2	578	1.05	1.90	Media	TCA	TCA	Sinuoso moder.
49	Ayacucho	240	245	4	607	1.11	3.61	Alta	TCA	TCA	Sinuoso moder.
50	Ayacucho	245	250	3	636	1.16	2.58	Alta	TCA	TCA	Sinuoso moder.
51	Ayacucho	250	255	1	636	1.16	0.43	Baja		Baja	Sinuoso moder.
52	Ayacucho	255	260	2	636	1.16	1.29	Media		Media	Sinuoso moder.
53	Ayacucho	260	265	2	636	1.16	1.29	Media	TCA	TCA	Sinuoso moder.
54	Ayacucho	265	270	1	636	1.16	0.86	Media	TCA	TCA	Sinuoso moder.
55	Ayacucho	270	275	0	683	1.25	0.00	Baja		Baja	Sinuoso moder.
56	Ayacucho	275	280	1	729	1.33	0.38	Baja		Baja	Sinuoso moder.
57	Ayacucho	280	285	3	729	1.33	1.88	Media	TCA	TCA	Sinuoso moder.
58	Ayacucho	285	290	1	729	1.33	0.38	Baja		Baja	Sinuoso moder.
59	Ayacucho	290	295	5	729	1.33	3.38	Alta	TCA	TCA	Sinuoso moder.
60	Ayacucho	295	300	0	729	1.33	0.00	Baja		Baja	Sinuoso moder.
61	Ayacucho	300	305	3	798	1.46	2.06	Alta	TCA	TCA	Sinuoso
62	Ayacucho	305	310	2	866	1.58	1.27	Media		Media	Sinuoso
63	Ayacucho	310	315	4	866	1.58	2.53	Alta	TCA	TCA	Sinuoso
64	Ayacucho	315	320	4	866	1.58	2.21	Alta	TCA	TCA	Sinuoso
65	Ayacucho	320	325	3	1466	2.68	1.12	Media	TCA	Media	Sinuoso
66	Ayacucho	325	331	8	2066	4.52	1.66	Media	TCA	Media	Sinuoso
<b>Total de la vía</b>				<b>86</b>	<b>820</b>	<b>100.72</b>	<b>0.94</b>				

Fuente: Elaboración Propia con datos PNP Humay, Huaytará y Ayacucho.

### 4.1.3. Tramos de Concentración de Accidentes (TCA).

- En la vía Los libertadores se han identificado 20 TCAs de longitudes que varían desde 01 Km - 12 Km, determinados con una metodología que emplea como variable principal el número de accidentes y el segundo lugar el volumen de tráfico, tiempo, longitud del tramo y de toda la vía, sin embargo podemos discutir este procedimiento por las siguientes razones:

- Organización de los registros de accidentes por las entidades policiales, precisión del registro en lugar exacto y la probable causa, ya que los implicados por evitar responsabilidades podrían afirmar versiones diferentes a los reales.
- Volumen de tráfico de las 03 unidades de peajes, sus controles únicamente son en el sentido San Clemente-Ayacucho, no es correcto afirmar que el número de vehículos que ingresan es igual a los que salen. Además en el trayecto de la vía existen múltiples vías afluentes requiriendo un Estudio del Flujo vehicular más detallado que sería más costosa.
- Cada accidente de tránsito es distinto, si comparamos un accidente por despiste y volcadura probablemente con víctimas fatales, contra un accidente por choque frontal con consecuencias leves, sin embargo ambos son considerados accidentes. Así mismo comparar accidentes por choques entre automóviles y entre Ómnibus, Etc. Se concluye que estas metodologías no deben ser rígidas para su aplicación, por los múltiples factores que se presentan en la ocurrencia de un accidente de tránsito.

- A los 20 TCA identificados se ha calculado un Índice de accidentalidad en función del número de accidentes, longitud del TCA y el IMD, la Figura 4.10 ilustra el tramo con más alto índice de accidentes el TCA N° 11, ubicado del Km 249 - 250, seguido del TCA N° 5 (Km 168 - Km 170), TCA N° 4 (Km 162 - 163) y TCA N° 16 (Km 302 - Km 304).

**Análisis del TCA crítico con Inspección en campo.** El TCA N° 11 ubicado del Km 249 - Km 250 es que presenta mayor Índice de accidentalidad ( $I=13.2$ ), al revisar los registros de accidentes de tránsito se observa que en el año 2013 han ocurrido 04 accidentes y 03 accidentes en el 2014 de enero a noviembre, el 90% por despiste y volcadura, y el 10% por choque.

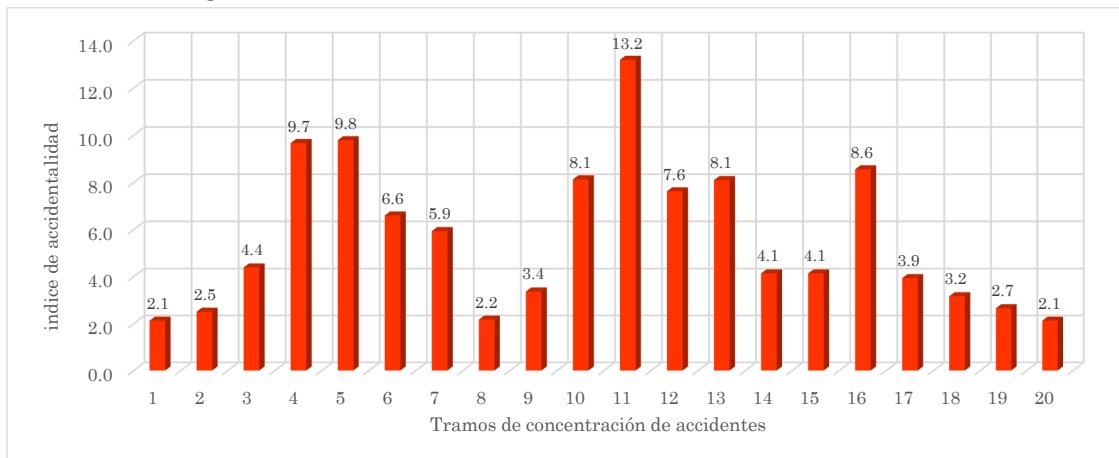
Tabla 4.10: Índice de accidentalidad de los Tramos de Concentración de accidentes (TCA)

Progresiva Inicio : 0 + 000  
 Progresiva Fin : 331 + 000  
 Longitud Total de Vía : 331 Km  
 IMDpromedio : 820 Veh/día  
 N° de Accidentes/año : 86

TCA i	Progresiva		Longitud (Km)	Lugar/C.P. más próximo	N°de accidentes en tramo i	IMDi	N° Días por año	Verificación del TCA	Exposición E	Índice de accidentalidad (I)	I.R. de accidentalidad (IR)	(Radio) para CAD
	Inicio(Km)	Fin(Km)										
1	14.0	17.0	3.0	Jose olaya	5	2154	365	TCA	2.36	2.1	2.5	1.6
2	25.0	28.0	3.0	Humay	4	1594	334	TCA	1.60	2.5	2.9	1.9
3	126.0	130.0	4.0	Desvio San A. Cusicancha	4	624	365	TCA	0.91	4.4	5.1	3.3
4	162.0	163.0	1.0	Betania	2	567	365	TCA	0.21	9.7	11.3	7.3
5	168.0	170.0	2.0	Chaupi	4	560	365	TCA	0.41	9.8	11.4	7.4
6	192.0	195.0	3.0	Puente Rumichaca	4	554	365	TCA	0.61	6.6	7.7	5.0
7	196.5	198.0	1.5	Peaje Rumichaca	2	673	334	TCA	0.34	5.9	6.9	4.5
8	213.0	225.0	12.0	Hospicio	6	691	334	TCA	2.77	2.2	2.5	1.6
9	231.5	237.0	5.5	Abra apacheta	4	592	365	TCA	1.19	3.4	3.9	2.6
10	242.0	244.0	2.0	Puente Niñacha	4	737	334	TCA	0.49	8.1	9.5	6.2
11	249.0	250.0	1.0	Desvio a Paras (Ay-107)	3	623	365	TCA	0.23	13.2	15.4	10.0
12	260.0	261.0	1.0	Puente Niñobama	2	786	334	TCA	0.26	7.6	8.9	5.8
13	269.0	270.0	1.0	Totorabamba	2	677	365	TCA	0.25	8.1	9.4	6.1
14	281.5	284.0	2.5	Mitapa	3	869	334	TCA	0.73	4.1	4.8	3.1
15	289.0	293.0	4.0	Arizona-Vinchos	5	905	334	TCA	1.21	4.1	4.8	3.1
16	302.0	304.0	2.0	Sallalli	5	801	365	TCA	0.58	8.6	10.0	6.5
17	308.0	313.0	5.0	Chunyacc	6	835	365	TCA	1.52	3.9	4.6	3.0
18	315.0	319.0	4.0	Socos	4	866	365	TCA	1.26	3.2	3.7	2.4
19	323.5	325.5	2.0	Huascaura	4	2066	365	TCA	1.51	2.7	3.1	2.0
20	328.0	331.0	3.0	Ayacucho	7	3295	334	TCA	3.30	2.1	2.5	1.6

Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.10: Grafico de Indice de accidentalidad de los TCA.



Fuente: Elaboración propia.

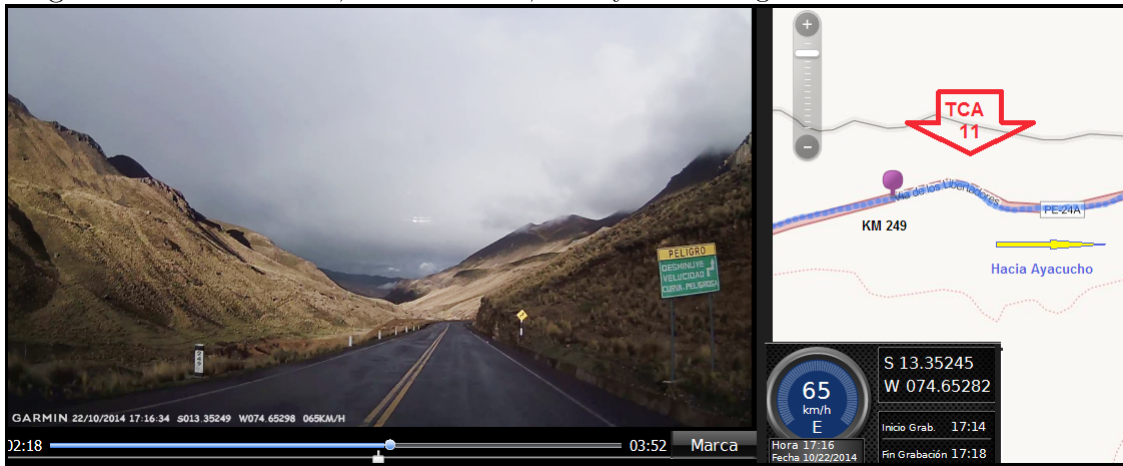
Figura 4.11: Evidencia del accidente de tránsito ocurrido el 14/03/2013 en el TCA N° 11.



Fuente: Trabajo de campo.

- En el TCA N°11, es una "curva peligrosa", en la Figura 4.12 se observa que próximo a la curva (Km 249+400) consta un tramo recto de 1 Km (Km 248), los vehículos desarrollan velocidades hasta 80 Km/h y al llegar a la curva no logran disminuir a la velocidad recomendada en dicha curva (no se encontró señal vertical de límite de velocidad).

Figura 4.12: TCA N° 11, Km 249 - 250, con ayuda del registro de información visual.



Fuente: Trabajo de campo, en sentido San Clemente, Ayacucho.

Figura 4.13: TCA N°11. Km 250 - KM 249, con ayuda del registro de información visual.



Fuente: Trabajo de campo, en sentido Ayacucho-San Clemente.

- Se tiene una señalización adaptada (preventiva e informativa) que indica "PELIGRO DISMINUYE VELOCIDAD CURVA PELIGROSA" la interrogante es *¿A cuánto se debe disminuir la velocidad?* si el panel no indica, por ejemplo si el vehículo se desplaza a 80 Km/h y disminuye a 70 Km/h cumpliría con la señal informativa, sin embargo 70 Km/h sigue siendo peligrosa, al usuario se tiene que informar anticipada y correctamente.
- Las deficiencias y observaciones identificados son: Falta de límites de velocidad, ausencia de sistemas de contención, cunetas profundas, distancia de visibilidad



insuficiente, zona de recuperación insuficiente en caso de despiste (talud de cerro y abismo), ausencia de elementos reflectantes, etc.

Figura 4.14: Despiste y volcadura en la vía Los Libertadores Km 249, TCA N° 11.



Fuente: Diario Correo, fecha 12/11/2014, 06 fallecidos y 36 heridos.

- Con empleo del Inclinómetro se ha hizo ensayos con velocidades de 50Km/h, 40 Km/h y 30 Km/h, para obtener una **Velocidad Segura** siendo la recomendada para 40 Km/h, no se recomienda poner velocidades múltiplos de 5 (35, 45, 55,...), pues son imperceptibles en el vehículo para el conductor.
- Finalmente El TCA: N° 11 en comparación a otras tiene la longitud más corta, aproximadamente de 100m, únicamente se trata de una curva, bajo este forma podríamos denominarlo "*Punto de Concentración de Accidentes*" (PCA) o "*Punto Crítico de Accidentes*", terminología que podríamos aplicar en el Perú de tratarse con éstas características.
- Se recomienda bajo un estudio de velocidades y señalización, implementar límites de velocidad previo a los TCA, reductores de velocidad, señalización que indique TCA y/o PCA indicando la causa frecuente de accidentes, así mismo medidas para evitar los despistes y volcadura en la vía.

## 4.2. Análisis y Resultados de la Auditoría de Seguridad Vial *Caso 1*.

### 4.2.1. Análisis de las características geométricas de la vía.

La vía Los Libertadores PE-28A tiene características geométricas rurales, cuenta con carriles de Aprox. 3.40m. sin ensanches en la curvas, bermas laterales de 0.70m, cunetas en puntos esporádicos a lo largo del tramo y propio de una carretera rural no cuenta con veredas o sardineles. La vía en algunos lugares atraviesa poblados, zonas urbanas, tampoco cuenta con la infraestructura urbana adecuada, no tiene veredas ni sardineles. La carretera PE-28A se subdivide en 05 subtramos con características similares o secciones homogéneas (identificados en el capítulo III) que conllevan problemas identificados detallados en las Fichas de Identificación- Análisis y Mitigación de los elemento de inseguridad vial (EISV) en la sección de Anexos.

Tabla 4.11: Secciones homogéneas (SEH) e índice de accidentalidad, 2013.

SEH	Progresiva		Longitud (Km)	Lugar/C.P. más próximo	N°de accidentes en tramo i	IMD	N° días/año	N° de TCAs	Exposición E	Índice de accidentalidad (I)	I.R. de accidentalidad (IR)
	Inicio(Km)	Fin(Km)									
I	0.0	2.0	2.0	San Clemente	0	2154	365	0.0	1.57	0.00	0.00
II	2.0	107.0	105.0	San Clemente-Huaytara	15	1081	365	2.0	41.43	0.36	0.36
IIIa	107.0	135.0	28.0	Huaytara- Puente Itanacancha	6	655	365	1.0	6.69	0.90	0.89
IV	135.0	260.0	125.0	Puente Itanacancha-Niñobamba	36	584	365	8.0	26.65	1.35	1.34
IIIb	260.0	322.0	62.0	Niñobamba-Huascaura	25	760	365	7.0	17.20	1.45	1.44
V	322.0	331.0	9.0	Huascaura-Ayacucho	8	1766	365	2.0	5.80	1.38	1.36
		Total	331.0		90	820	365	20.0	99.07	1.01	1.00

Fuente: Elaboración Propia.

La Tabla 4.11 muestra al tramo IIIa del Km 260+000 al Km 322+000 con mayor Índice de accidentalidad, seguido del tramo IV de Km 135+000 al Km 260+000, ambos con de geometría sinuosa.

**1. Tramo I (Zona urbana, tramo recto, costa).** Del Km 0+000 al Km 2+000, longitud de 02 Km, es el tramo más pequeño, es un segmento urbano de la vía inicia en el empalme con la vía PE-1S (Panamericana Sur) y PE-28A (San Clemente), este tramo consiste de viviendas dispuestas a ambos lados de la vía, tiene características de sección periurbana, con muchos peatones en el entorno que no disponen de puntos para cruzar la carretera con seguridad, existen accesos informales a negocios, calles, y viviendas aledañas a la carretera.

**2. Tramo II (Zona rural, tramo recto, pasos por poblaciones, costa).** Del Km 2+000 al 107+000 (Huaytará), longitud de 105 Km, ubicado a baja altitud (debajo de los 2,500msnm), consiste de una mezcla de secciones tangenciales con algunas curvas sinuosas. Las cunetas, barreras y señalización en general presentan una serie de deficiencias que se detallan en la identificación de elementos de inseguridad vial (EISV), se observan altas velocidades en la operación de los vehículos.

**3. Tramo III (Zona rural, sinuoso, pasos por poblaciones,sierra).** Del Km 107+000 (Huaytara) al 135+000 (Puente Itanacancha) y del Km 260+000 al Km 322+000, longitud de 90 Km, tramo ubicado a altitud sobre los 2,400 msnm hasta los 3,900 msnm, por la geometría sinuosa se observan las curvas más cerradas y con menor visibilidad, las cunetas, barreras, y señalización en general presentan deficiencias que se detallan en las fichas de I-A-M, identificando la altitud como un probable contribuyente a la fatiga de los conductores.

**4. Tramo IV (Zona rural, sinuoso, altoandina).** Del Km 135+000 al 260+000 (Niñobamba), longitud de 125 Km, tramo ubicado a altitud sobre los 3,900 msnm, por la geometría sinuosa se observan las curvas cerradas y con menor visibilidad por condiciones geométricas y factores climatológicos, las cunetas, barreras y señalización en general presentan una serie de deficiencias, tramo que predomina la condición climática neblina, lluvia y nieve, aspectos de altitud como un probable contribuyente a la fatiga de los conductores y por visibilidad insuficiente.

**5. Tramo V (Zona urbana, sinuoso).** Del Km 322+00 al 331+000, longitud de 09 Km, corresponde a un tramo periférico-urbano ingresando a la ciudad de Ayacucho, consiste de viviendas dispuestas a ambos lados de la vía, tiene características de sección periurbana, con muchos peatones en el entorno que no disponen de puntos para cruzar la carretera con seguridad, existen accesos informales a comercios, calles y viviendas aledañas a la carretera, paraderos informales que interrumpen la operación de la vía.

#### **4.2.2. Resultados de la identificación de los Elementos de Inseguridad Vial (EISV) y medidas propuestas.**

Se ha identificado 53 Elementos de Inseguridad Vial (EISV) típicos, agrupados en 20 aspectos y/o consideraciones de Seguridad Vial, que se ilustran en la Tabla 4.12.

#### 4.2. Análisis y Resultados de la Auditoría de Seguridad Vial Caso 1.

Tabla 4.12: Resultados de los Elementos de Inseguridad Vial agrupados por Consideraciones de Seguridad Vial.

Código	Aspectos o consideraciones SV Tipo de Infraestructura	Elementos de Inseguridad Vial (EISV)	Item
1	Pavimento	Superficie deteriorada (grietas y baches.)	1
		Superficie discontinua por tipo (sin señalización).	2
2	Señalización Horizontal	Señalización ausente.	3
		Señalización deteriorada.	4
3	Señalización Vertical	Ausencia de señalización vertical.	5
		Inadecuada ubicación y uso de señalización vertical.	6
		Señalización deteriorada.	7
		Postes de concreto de señalización vertical y delineadores.	8
4	Diseño geométrico	Combinación de curva vertical y horizontal.	9
		Insuficiente sobre ancho en curvas.	10
		Curvas peligrosas (radios diferentes en una curva).	11
		Visibilidad limitada.	12
5	Gestión de Velocidades (Límites de velocidad)	Ausencia de berma para detención momentánea.	13
		Deficiente gestión de velocidades en curvas.	14
6	Intersecciones y accesos	Deficiente gestión de velocidades en tangentes.	15
		Accesos informales a otras vías.	16
7	Sistema de Contención Vehicular	Ingresos - salidas a espacios públicos y privados (viviendas).	17
		Deficiente administración de velocidades.	18
		Ausencia de sistemas de contención vehicular (barreras metálicas).	19
		Terminales inadecuadas de sistemas de contención vehicular	20
8	Puentes y pontones.	Falta de homologación de sistemas de contención vehicular.	21
		Dimensión insuficiente de muro de contención de concreto.	22
		Terminales inadecuados de las barandas.	23
		Deterioro de la superficie de rodadura.	24
9	Obras de drenaje	Falta de señalización y límites de velocidad en proximidad a puentes.	25
		Reducción en la sección transversal.	26
		Cuneta profunda y destapada.	27
		Sardinela de concreto en alcantarillas (cabezales de ingreso-salida)	28
10	Zona lateral de la vía	Estructuras de concreto de ingreso-salida de canales.	29
		Badenes muy pronunciados.	30
		Presencia de obstáculos (postes de luz, árboles, muros de concreto).	31
		Corta longitud de la zona de recuperación (en caso de despiste),	32
		Inclinación de talud del terreno aledaño a la vía	33
11	Pasos por zonas urbanas	Cruce transversal peatonal sobre cunetas (pasarelas)	34
		Desnivel longitudinal del pavimento.	35
		Inadecuada organización para cruces peatonales.	36
		Deficiente administración de velocidades.	37
12	Inestabilidad geológica	Comerciantes (ambulantes) al borde de la vía.	38
		Conflicto de uso de la vía entre peatón-ciclista-vehículo.	39
13	Factores climáticos	Fallas geológicas (asentamientos).	40
		Derrumbes, caída de piedras (taludes)	41
14	Obras en la vía	Inadecuada señalización vial para zonas con condiciones de neblina, lluvia y nieve.	42
15	Estacionamientos y paraderos.	Deficiente señalización en zonas de trabajo en la vía.	43
16	Peatones y Ciclistas en la vía	Paraderos informales de vehículos.	44
		Presencia de peatones en la berma o calzada.	45
17	Animales en la vía	Presencia de ciclistas en la calzada o berma sin señalización.	46
		Presencia de animales en la berma o calzada.	47
18	Semáforos	Inadecuado equipamiento de semáforos.	48
19	Iluminación	Iluminación inadecuada en zonas urbanas.	49
		Insuficiente disposición de elementos reflectantes (tachas, capta faros)	50
20	Otros	Resaltos (gibas) sin señalización.	51
		Vehículos de apariencia obsoleta.	52
		Ausencia de la cobertura de servicio de telefonía post-accidente.	53

Fuente: Elaboración propia.

## Análisis de la Incidencia, Riesgo y Mitigación del EISV.

Se ha realizado el análisis de cada elemento, registrados en las Fichas de I-A-M de los EISV, con detalle de la *incidencia, riesgo y medidas de mitigación*. En las Tablas 4.13 al 4.15 se ilustran el resumen de análisis agrupados en 20 Consideraciones de Seguridad Vial.

Tabla 4.13: Análisis y resultados de EISV, de 01(Pavimento) al 07(Sistemas de contención).

Elementos de Inseguridad Vial (EISV)	Descripción del Riesgo.	Medidas mitigantes propuestos.
<b>1. Pavimento</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Superficie deteriorada (grietas y baches.)</li> <li>▪ Superficie discontinua por tipo (sin señalización).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maniobras inadecuados del vehículo, inestabilidad y posible pérdida del control del vehículo en marcha por la velocidad de recorrido.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Reparar el pavimento, recuperar la superficie de rodadura.</li> <li>✓ Señalizar.</li> </ul>
<b>2. Señalización horizontal</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Señalización ausente.</li> <li>▪ Señalización deteriorada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En condiciones de baja visibilidad (neblina, lluvia intensa, etc) y horas nocturnas a falta de no percibirse la señalización horizontal puede provocar salidas de vía.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Demarcar la señalización horizontal longitudinal central y en los extremos con pintura retrorreflectiva.</li> <li>✓ En zonas de lluvia con pintura de alto relieve.</li> </ul>
<b>3. Señalización Vertical</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ausencia de señalización vertical.</li> <li>▪ Inadecuada ubicación y uso de señalización vertical.</li> <li>▪ Señalización deteriorada.</li> <li>▪ Postes de concreto de señalización vertical y delineadores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inseguridad en el desplazamiento</li> <li>• En caso de despiste existe el riesgo de aumento de la gravedad del accidente al impactar con el poste o pedestales de concreto de la señal vertical situada al margen de la vía.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Implementación de señales vertical</li> <li>✓ Sustitución de los postes o pedestales de concreto de las señales viales verticales por postes metálicos fácilmente deformables en caso de impacto</li> <li>✓ Reemplazo de delineadores de concreto por delineadores de fibra</li> </ul>
<b>4.- Diseño Geométrico.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Combinación de curva vertical y horizontal.</li> <li>▪ Insuficiente sobre ancho en curvas.</li> <li>▪ Curvas peligrosas (radios diferentes en una curva).</li> <li>▪ Visibilidad limitada.</li> <li>▪ Ausencia de berma para detención momentánea.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En condiciones de baja visibilidad (neblina, lluvia intensa, etc) y horas nocturnas la curva de radio reducido puede no percibirse correctamente y provocar salidas de vía.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Inclusión de delineadores de curva horizontal en grupo de 3, con postes metálicos fácilmente deformables en caso de impacto.</li> <li>✓ Estudio de Velocidades para colocación de límites de velocidad.</li> <li>✓ Implementar señalización tipo "chevrón" en curvas cerradas o de volteo en "U".</li> </ul>
<b>5. Gestión de velocidades.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Deficiente gestión de velocidades en curvas.</li> <li>▪ Deficiente gestión de velocidades en tangentes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdida del control de vehículo por recorrer con distintos velocidades por falta de indicación de límites de velocidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Estudio de velocidad íntegro para implementación de señalización vial con límites de velocidad en recorrido en líneas rectas, pasos de poblaciones, zonas urbanas, etc, y señalar con límite de velocidad segura.</li> </ul>
<b>6. Intersecciones y accesos.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Accesos informales a otras vías.</li> <li>▪ Ingresos - salidas a espacios públicos y privados (viviendas).</li> <li>▪ Deficiente administración de velocidades.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingresos y salidas intempestivas de vehículos.</li> <li>• Ingresos y salidas intempestivas de peatones a la vía.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Implementar con señalización vial advirtiendo accesos a vías y/o cruces: señal informativa, señal "ceda el paso", reductores de velocidad.</li> <li>✓ Regulación Estatal de accesos (Entidad competente).</li> </ul>
<b>7. Sistema de contención vehicular</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ausencia de sistemas de contención vehicular (barreras metálicas).</li> <li>▪ Terminales inadecuadas de sistemas de contención vehicular existente.</li> <li>▪ Falta de homologación de sistemas de contención vehicular.</li> <li>▪ Dimensión insuficiente de muro de contención de concreto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En caso de despiste la gravedad del accidente aumentaría por falta de sistemas de contención.</li> <li>• Las barreras existentes con riesgo a ser impactado y ser atravesado con los terminales inadecuados de la barrera metálica situada al margen de la carretera.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Colocación de sistemas de contención metálica a lo largo de la curva y prolongada al finalizar la curva, correctamente anclados.</li> <li>✓ Modificar la forma de los terminales de la barrera metálica existentes, éstos deberán ser esviados y abatidos (enterrados) o empotrados en talud.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.14: Análisis y resultados de EISV, de 08(Puentes) al 14(Obras en la vía).

Elementos de Inseguridad Vial (EISV)	Descripción del Riesgo.	Medidas mitigantes propuestos.
<b>8. Puentes y pontones.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Terminales inadecuados de las barandas.</li> <li>▪ Deterioro de la superficie de rodadura.</li> <li>▪ Falta de señalización y límites de velocidad en proximidad a puentes.</li> <li>▪ Reducción en la sección transversal.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En caso de despiste existe el riesgo de aumento de la gravedad del accidente al impactar contra la baranda del puente situada al margen de la carretera.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Incluir un sistema de contención homologado (baranda del puente - barrera metálica).</li> </ul>
<b>9. Obras de drenaje</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cuneta profunda y destapada.</li> <li>▪ Sardinell de concreto en alcantarillas (cabezas de ingreso-salida)</li> <li>▪ Estructuras de concreto de ingreso-salida de canales.</li> <li>▪ Badenes muy pronunciados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En caso de despiste el riesgo aumenta de gravedad del accidente al impactar con la cuneta y bordillos de concreto de alcantarilla situada al margen de la carretera.</li> <li>• Maniobras inseguras por cambio brusco de pendiente en badenes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Rediseñar la sección de la cuneta e implementar tapas de concreto prefabricados.</li> <li>✓ Retiro del bordillo de concreto de alcantarilla y modificar las cajas de ingresos y salidas.</li> <li>✓ Colocación de sistemas de contención metálicos a lo largo de la alcantarilla correctamente anclada.</li> </ul>
<b>10. Zona lateral de la vía</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Presencia de obstáculos (postes de luz, árboles, muros de concreto).</li> <li>▪ Corta longitud de la zona de recuperación (en caso de despiste).</li> <li>▪ Inclclinación de talud del terreno aledaño a la vía</li> <li>▪ Cruce transversal peatonal sobre cunetas (pasarelas)</li> <li>▪ Desnivel longitudinal del pavimento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En caso de despiste el riesgo aumenta la gravedad del accidente al impactar con obstáculos y estructuras situadas al margen de la vía.</li> <li>• Por falta de tratamientos con sistema de contención en zonas con terreno de talud inclinado, la gravedad del accidente aumenta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Sistemas de contención en zonas con pendientes.</li> <li>✓ Próximos a la cuneta, modificar la cuneta y colocación de bandas sonoras longitudinales en las bermas.</li> <li>✓ Retiro de todo tipo de obstáculos, avisos comerciales por no corresponder. (Fiscalización estatal).</li> </ul>
<b>11. Pasos por zonas urbanas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Inadecuada organización para cruces peatonales.</li> <li>▪ Deficiente administración de velocidades.</li> <li>▪ Comerciantes (ambulantes) al borde de la vía.</li> <li>▪ Conflicto de uso de la vía entre peatón-ciclista-vehículo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Por la ausencia de información de regulación de pasos por zonas urbanas existe el riesgo de atropello al peatón, ciclista.</li> <li>• Por la existencia de comerciantes informales en la vía se reduce el ancho de uso de la acera para peatones, desplazándose por la vía con riesgo de atropello.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ La zona urbana debe concebirse el diseño para tal uso.</li> <li>✓ Reductores de velocidad.</li> <li>✓ Límites de velocidad</li> <li>✓ Implementar con señalización vial advirtiendo pasos por poblaciones, cruce peatonal, peatones en márgenes.</li> <li>✓ Fiscalización estatal, gestionar la remoción de comerciantes informales de la vía con entidades competentes.</li> </ul>
<b>12. Inestabilidad geológica</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fallas geológicas (asentamientos).</li> <li>▪ Derrumbes, caída de piedras (taludes).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdida del control de vehículo por asentamientos en la vía, no señalizados y mantenidos adecuadamente y a falta de limpieza de vía por derrumbes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Mantenimiento permanente de la calzada de la vía.</li> <li>✓ Colocación de señalización vial informativa, límites de velocidad para las fallas geológicas.</li> <li>✓ Estabilizar talud.</li> </ul>
<b>13. Factores climáticos</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Inadecuada señalización vial y límites de velocidad para zonas con condiciones de neblina, lluvia y nieve.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En condiciones de factores climáticos (neblina, lluvia intensa, nieve, etc) combinado con horas nocturnas la vía puede no percibirse correctamente y provocar salidas de vía y choques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Implementación de dispositivos de guía y señalización vial en zonas de neblina, lluvia, nieve.</li> <li>✓ Para calzada resbalosa, reflectores verticales que no pueda ser cubierto por nieve.</li> </ul>
<b>14. Obras en la vía</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Deficiente señalización en zonas de trabajo en la vía.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En caso de despiste los trabajadores de obra están expuestos a ser atropellados por falta de señalización</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Implementación de señalización para zonas de trabajo</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.15: Análisis y Resultados de EISV, de 15(Estacionamientos) al 20(Otros).

Elementos de Inseguridad Vial (EISV)	Descripción del Riesgo.	Medidas mitigantes propuestos.
<b>15. Estacionamientos y paraderos.</b> ▪ Paraderos informales de vehículos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Por existencia de paraderos informales en la vía se reduce el ancho de uso con el riesgo de maniobrar deficientemente y provocar choques.</li> </ul>	✓ Fiscalización estatal, gestionar la remoción de vehículos de paraderos informales con entidades competentes.
<b>16. Ciclistas y peatones en la vía</b> ▪ Presencia de peatones en la berma o calzada. ▪ Presencia de ciclistas en la calzada o berma sin señalización.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Por exposición de los peatones en la vía, berma o zona lateral se expone al riesgo de ser atropellado.</li> </ul>	✓ Implementación de señales viales verticales advirtiendo presencia de peatones y ciclistas en la vía, con postes metálicos fácilmente deformables en caso de impacto.
<b>17. Animales en la vía</b> ▪ Presencia de animales en la berma o calzada.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Por presencia de animales en la vía o al margen se expone al riesgo de atropello y/o choque.</li> </ul>	✓ Implementación de señales viales verticales advirtiendo presencia de animales en la vía, con postes metálicos fácilmente deformables en caso de impacto.
<b>18. Semáforos</b> ▪ Inadecuado equipamiento de semáforos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Por el inadecuado sistema de semaforización para peatones en intersecciones, riesgo de conflicto peatón-vehículo.</li> </ul>	✓ Implementar un adecuado sistema de semaforización íntegro para todos los usuarios de la vía. Conceptualizar como zona urbana.
<b>19. Iluminación</b> ▪ Iluminación inadecuada en zonas urbanas. ▪ Insuficiente disposición de elementos reflectantes (tachas, capta faros)	<ul style="list-style-type: none"> <li>En condiciones de baja visibilidad (neblina, lluvia intensa, etc) y horas nocturnas a falta de no percibirse la señalización horizontal puede provocar salidas de vía.</li> </ul>	✓ Inclusión de dispositivos de control y regulación en el pavimento (capta faros en el pavimento), postes delineadores tipo chevrón en curvas.
<b>20. Otros.</b> ▪ Resaltos (gibas) sin señalización. ▪ Vehículos en apariencia obsoleta.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Maniobra intempestivas con riesgo de pérdida de control de vehículo.</li> <li>La existencia de vehículos de apariencia obsoleta o sin mantenimiento provoca riesgo a tener fallas mecánicas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Señalización horizontal y vertical de presencia de resaltos.</li> <li>Fiscalización estatal, mejorar gestión de control del estado de los vehículos por entidades competentes.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia.

### 4.2.3. Elementos de Inseguridad Vial con mayor frecuencia y riesgo alto.

- Para este análisis la vía se ha dividido en segmentos de 01Km/05Km, en éstos se ha identificado los elementos de inseguridad vial (EISV) asignándole el valor de 1 si existe el EISV y valor de 0 cuando no existe, y determinar el de mayor frecuencia en la vía. Para determinar el EISV con riesgo alto, mediante un análisis de incidencia, descripción del riesgo y antecedentes (accidentes) dando una Valoración de riesgo en 5 categorías: 1(Mínimo), 2(Moderado), 3(Notable), 4(Alto) y 5(Máximo).

- Los resultados se muestra en la Tabla 4.16, cuya aspecto de seguridad vial con riesgo mas alto, 1° *Sistemas de contención vehicular*, 2° *Gestión de velocidades* y 3° *Factores climatológicos*. Así mismo los elementos de mayor frecuencia de riesgo alto son: 1° *Deficiente gestión de velocidades en curvas*, 2° *Ausencia de sistemas de contención vehicular* y 3° *Deficiente gestión de velocidades en tangentes*.





**Deficiencias en Gestión de Velocidades:** En la mayoría de casos no existe límites de velocidad en curvas, tangentes, pasos por zonas urbanas, intersecciones por lo que no se puede denominar exceso de velocidad. Señales que indican Reducir velocidad pero a cuánto de debe reducir. Velocidades múltiplos de 5, 35, 45, 55,... que dificultan controlar al conductor. En algunos casos la reducción de velocidad es brusca de 80K/h a 40K/h en 200m., etc. .

#### 4.2.4. Resultados de ensayos de retrorreflectometría.

En la identificación de EISV, se ha observado que la señalización horizontal y vertical existente presentan deterioros, los cuales requieren determinar si una señal vertical es visible a los ojos del conductor, éstas deben cumplir unos valores mínimos de coeficientes de retrorreflexión ( $R'/cd.lx-1.m-2$ ) según diferentes parámetros (Coeficientes mínimos de retrorreflectancia del Manual de Carreteras RD N° 22-2013-MTC/14).

Figura 4.15: Valores de retrorreflectividad obtenidos en campo.

SEÑAL	MEDICIÓN	CUMPLE CON NORMA
 <b>P-5-1 CAMINO SINUOSO</b>	<b>COLOR : AMARILLO</b>  0.2° 83.1 0.5° 36.5 1° 9.6	<b>NO</b>
 <b>P-4A CURVA Y CONTRA CURVA</b>	<b>COLOR : AMARILLO</b>  0.2° 165.7 0.5° 71.7 1° 13.1	<b>NO</b>
 <b>P-2B CURVA A LA IZQUIERDA</b>	<b>COLOR : AMARILLO</b>  0.2° 68.5	<b>NO</b>

Fuente: Trabajo de campo.

Tabla 4.17: Resultados de ensayos en campo de retrorreflectancia.

Angulo de Observación	Medición de campo	Normativa $cd \cdot lx^{-1} \cdot m^{-2}$	Cumple?
0.2°	83.1	270	No
	165.7	270	No
	68.5	270	No
0.5°	36.5	110	No
	71.7	110	No

Fuente: Trabajo de campo.

Referente al estado de la Señalización Horizontal, durante la auditoría nocturna, al identificar tramos de la vía con la señalización ya sea perfectamente visible o totalmente deteriorada, ilustrada en la Figura 4.16, existen tramos en los cuales la línea de borde es inexistente. En estos casos se recomienda la colocación de las líneas donde estas se requerían sin existir la necesidad de medir la retrorreflectividad, en cualquier ubicación donde hubo duda referente a la calidad o retrorreflectividad de la pintura, se recomendó reemplazar la pintura sin necesidad de tomar medidas de retrorreflectividad.

Figura 4.16: Inspección en campo de noche.



Fuente: Trabajo de campo.

### **4.3. Análisis de Efectividad de Mejoras de Seguridad Vial con el Método Predictivo del HSM.**

#### **4.3.1. Análisis Costo/Beneficio:**

El análisis de costo/beneficio para comparar el costo de implementar una contramedida (medida de mitigación) en comparación con el beneficio económico que se obtiene al reducir accidentalidad - debido a esa contramedida, éste análisis se puede utilizar también para priorizar contramedidas y determinar los proyectos de mayor beneficio al menor costo.

**1. Costo de las contramedidas.-** En función de las medidas propuestas para las mejoras de seguridad vial, es necesario determinar el presupuesto de las medidas, por ejemplo: Gestión de velocidades x curva S/. 10,741.00 toda la vía, (Fte. Transis EIRL)

**2. Costo de los accidentes.-** El tramo de la vía en estudio se registraron un total de 90 accidentes el año 2013, con 26 fallecidos, se considera un factor de media de 0.29 fallecidos en cada accidente de tránsito. El costo social de un fallecido en accidente de tránsito según el estudio Diseño e Implementación de una Base de Datos para la Investigación de Accidentabilidad de la Red Vial Nacional realizado por el Observatorio Nacional de Seguridad Vial es de S/. 776.000. Dicho valor se determina a partir del análisis de valor de vida dado en una docena de diferentes países del mundo, a partir de la correlación con el nivel de desarrollo, de forma que el valor económico de la víctima mortal se relativiza en base al PIB per cápita.

**2. Beneficio de las contramedidas.-** Para determinar la reducción de accidentes con la implantación de las distintas contramedidas se utiliza para caso de estudio factores de modificación de colisiones (Crash Modification Factors - CMFs) disponibles en la página web (CMF Clearinghouse) o en el Manual de Seguridad Vial (Highway Safety Manual) publicado por AASHTO el 2010.

#### **4.3.2. Selección del tramo a analizar:**

Se va a realizar el análisis para la sección homogénea del Tramo II de geometría sinuosa, del Km 302+000 al Km 313+0000, longitud de 11 Km. El tramo II tiene el mayor índice de accidentalidad en referencia a toda la vía. En el tramo de análisis

### 4.3. Análisis de Efectividad de Mejoras de Seguridad Vial con el Método Predictivo del HSM.

se han determinado 12 EISV y 8 aspectos de seguridad vial, por lo que se muestra la Tabla 4.18 Medidas mitigantes y CMFs.

Tabla 4.18: Medidas y CMFs.

item	Aspectos/consideraciones	Elemento de Inseguridad Vial	Medidas Mitigantes	CMF Mitigante	Detalles del CMF (Fuente)
1	<b>2. Señalización Horizontal</b>	Señalización Horizontal Desgastada	Repintado de Señalización Horizontal	<b>0.76</b>	No. 101, Elvik, R. and Vaa, T., 2004
		Inexistencia de banda sonora	Implementación de bandas sonoras	<b>0.83</b>	No. 3447, Torbic et al., 2009
2	<b>3. Señalización Vertical</b>	Ausencia de Señalización Vertical	Implementación de señales vertical	<b>0.85</b>	No. 62 Elvik, R. and Vaa, T., 2004
		Postes de Señales	Sustitución de los postes de concreto de las señales verticales	<b>0.62</b>	No. 1044, Havey, Chowdhury, 2005
3	<b>5. Gestión de Velocidades (límites de Veloc.)</b>	Deficien gestión de velocidades en tangentes	Estudio de velocidades en tangentes	<b>0.85</b>	No. 62 Elvik, R. and Vaa, T., 2004
		Deficien gestión de velocidades en curvas	Estudio de Velocidades en Curvas	<b>0.85</b>	No. 62 Elvik, R. and Vaa, T., 2004
4	<b>6. Intersecciones y accesos.</b>	Accesos Informales	Implementación de Señalización vertical preventiva	<b>0.85</b>	No. 62 Elvik, R. and Vaa, T., 2004
5	<b>7. Sistema de Contención Vehicular</b>	Ausencia de Barreras de Contención	Implementación de Sistemas de Contención	<b>0.56</b>	No. 37, Elvik, R. and Vaa, T., 2004
		Elementos contundentes (terminales de barreras)	Enterrar inicio de barreras	<b>0.67</b>	No. 5551, Cafiso et al., 2014
6	<b>9. Obras de Drenaje</b>	Cunetas profundas	Implementación de tapas de concreto para cunetas	<b>0.82</b>	No. 5187, Harwood et al., 2000
7	<b>10. Zona lateral</b>	Zona lateral	Instalación de bandas sonoras	<b>0.74</b>	Zebulon C. Coulter Khaled Ksaibati, Dic 2013
8	<b>11. pasos urbanos</b>	Inadecuada rganización para pasos por zonas urbanas.	Instalación de tiras transversales sonoras TRS	<b>0.79</b>	Srinivasan, R., Baek, J

Fuente: Crash Modificación Factores Clearinghouse.

#### 4.3.2.1. Condición 1: Situación actual de la vía:

Los data del número de accidentes de segmento es 12 accidentes/año, con lo se calcula el valor de  $Cr=1.22$

- Longitud: 11 Km (6.83 millas)
- IMD: 866 Vehículos/día
- Angulo de deflexión: 48.2°
- Radio: 126.57 m

#### 4.3.2.2. Condición 2: Situación de la vía con 01 mejora:

Seleccionamos de la Tabla 4.18 las mejoras que tienen relación a la reducir la severidad de accidentes:

- 1.- Bandas sonoras (Despiste).
- 2.- Estudio de Velocidades (Gestión de velocidad).
- 3.- Sistemas de contención vehicular (Protección a despistes - volcaduras).

### 4.3. Análisis de Efectividad de Mejoras de Seguridad Vial con el Método Predictivo del HCM.

Figura 4.17: Hoja de cálculo del Método predictivo Condición 1.

Hoja de Trabajo - Información General y datos de entrada para Segmentos rural de dos carriles de Carreteras					
General Information			Location Information		
Analisis	Tesis		Carretera		PE - 28A
Agencia o Compañía	UNI		Sección de Carretera		Km 302+000 al 313+000
Fecha que se realiza	12/20/14		Jurisdicción		Ayacucho, PERU
Datos de entrada			Año de análisis		2014
			Condicions Base		Condiciones de tramo
Longitud del segmento, L (mi)			--		6.8351
IMD (veh / día)			--		866
Ancho de carril (ft)			12		12
Anchura de los hombros (ft)			6		Right Shld: 2 Left Shld: 2
tipo de hombro			Paved		Right Shld: pavimentado Left Shld: pavimentado
Longitud de curva horizontal (mi)			0		0.063
Radio de curvatura (ft)			0		276
Curva de transición Espiral (presente / ausente)			Not Present		Not Present
Variación del peralte (ft / ft)			< 0.01		0.005
Grado (%)			0		5
Densidad Camino de entrada (entradas / milla)			5		0.5
Bandas sonoras de la línea central (presente / ausente)			Not Present		Not Present
Líneas de pase [presente (1 carril) / presentes (2 carriles) / no presentes]			Not Present		Not Present
Dos vías de carril-giro a la izquierda (presente / ausente)			Not Present		Not Present
Evaluación de riesgos en carretera (1-7 escala)			3		7
Iluminación Segmento (presente / ausente)			Not Present		Not Present
Control de velocidad automático (presente / ausente)			Not Present		Not Present
Factor de calibración, Cr			1		1.22
Hoja de 1E - Resumen de los Resultados de Segmentos rural de dos carriles de Carreteras					
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	
Nivel de gravedad de choque	Choque Gravedad Distribución (proporción)	Predicción frecuencia media accidente (accidentes / año)	La longitud del segmento de Carreteras (mi)	Tasa de Choque (accidentes / mi / año)	
	(4) de la hoja de trabajo 1C	*(8) de la hoja de trabajo 1C		(3)/(4)	
<b>Total</b>	1.000	<b>12.0</b>	6.83507	1.8	
Fatal y Lesiones (FI)	0.321	4	6.83507	0.6	
Sólo Daños a la Propiedad (DOP)	0.679	8	6.83507	1.2	

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 4.18: Hoja de cálculo de Método predictivo Condición 2.

Hoja de Trabajo - Información General y datos de entrada para Segmentos rural de dos carriles de Carreteras					
General Information			Location Information		
Analisis	Tesis		Carretera		PE - 28A
Agencia o Compañía	UNI		Sección de Carretera		Km 302+000 al 313+000
Fecha que se realiza	12/20/14		Jurisdicción		Ayacucho, PERU
Datos de entrada			Año de análisis		2014
			Condicions Base		Condiciones de tramo
Longitud del segmento, L (mi)			--		6.8351
IMD (veh / día)			--		866
Ancho de carril (ft)			12		12
Anchura de los hombros (ft)			6		Right Shld: 2 Left Shld: 2
tipo de hombro			Paved		Right Shld: pavimentado Left Shld: pavimentado
Longitud de curva horizontal (mi)			0		0.063
Radio de curvatura (ft)			0		276
Curva de transición Espiral (presente / ausente)			Not Present		Not Present
Variación del peralte (ft / ft)			< 0.01		0.005
Grado (%)			0		5
Densidad Camino de entrada (entradas / milla)			5		0.5
Bandas sonoras de la línea central (presente / ausente)			Not Present		Present
Líneas de pase [presente (1 carril) / presentes (2 carriles) / no presentes]			Not Present		Not Present
Dos vías de carril-giro a la izquierda (presente / ausente)			Not Present		Not Present
Evaluación de riesgos en carretera (1-7 escala)			3		7
Iluminación Segmento (presente / ausente)			Not Present		Not Present
Control de velocidad automático (presente / ausente)			Not Present		Not Present
Factor de calibración, Cr			1		1.22
Hoja de 1E - Resumen de los Resultados de Segmentos rural de dos carriles de Carreteras					
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	
Nivel de gravedad de choque	Choque Gravedad Distribución (proporción)	Predicción frecuencia media accidente (accidentes / año)	La longitud del segmento de Carreteras (mi)	Tasa de Choque (accidentes / mi / año)	
	(4) de la hoja de trabajo 1C	*(8) de la hoja de trabajo 1C		(3)/(4)	
<b>Total</b>	1.000	<b>11.3</b>	6.83507	1.7	
Fatal y Lesiones (FI)	0.321	4	6.83507	0.5	
Sólo Daños a la Propiedad (DOP)	0.679	8	6.83507	1.1	

Fuente: Elaboración Propia.

**Resultado preliminar (1):**

Condición 1 : Estado actual de la vía: 12 accidentes.

Condición 2(1): Con la mejoras 1 en la vía: 11.3 accidentes.

**Reducción de accidentes:**

De acuerdo a la condición 2(1) se reducen 0.70 accidentes/año, representa 5.83%, sin embargo esta cifra no es significativa, por lo que a este valor le incrementamos los CMFs de las medidas 2)y 3), mediante la formula:

$$N_{predictivo} = N_{spf} * (CMF_{1x} * CMF_{2x} * .....CMF_{xy}) * C_x \quad (4.3.1)$$

Donde:

$N_{predictivo}$  = Frecuencia promedio de accidentes mediante método predictivo=11.3.

$CMF$  = Factor de modificación de colisiones,  $CMF_2=0.85$ ,  $CMF_3=0.56$ .

$C_x$  = Factor de calibración local,  $C_x=1.22$ .

$$N_{predictivo} = 11.3 * (0.85 * 0.56) * 1.22 = 6.56 \quad (4.3.2)$$

**Resultado final:**

- Con las 03 mejoras de seguridad vial se obtienen 6.56 accidentes/año, por lo que calculamos la efectividad en porcentaje igual a 45.33%, es decir podemos reducir hasta 45.33% con 03 mejoras, concluyendo la reducción del Índice de accidentalidad para la condición 1 = 4.0, Condición 2 = 22 en igual porcentaje y así continuar incrementando otras mejoras, sin embargo implica hacer un análisis Costo/beneficio que tratándose de vidas no deberían realizarse.

- Esta metodología requiere desarrollar y acondicionar mejor al Perú, para ello se requiere una implantación de base de datos de todas las características de nuestras carreteras y encontrar formulas predictivas de uso exclusivo para Perú.

## 4.4. Análisis de optimización de aplicación de auditorías por etapas, *Caso 1 y Caso 2.*

- Para realizar la comparación en la presente investigación se tienen resultados de aplicación de auditorías en las 02 etapas: caso 01 - Etapa de operación de la vía (vía Los Libertadores) y casos 02 - Etapa de vía en proyecto (Vía PE-28B).

4.4. Análisis de optimización de aplicación de auditorías por etapas, Caso 1 y Caso 2.

- Para analizar y determinar la etapa de la infraestructura vial mas óptima al aplicar las Auditoría de Seguridad Vial se va realizar mediante un cuadro comparativo de Costo/Beneficio entre las 02 etapas: vía en Proyecto (Estudio Definitivo) y vía en operación.
- El análisis se realiza por 01 Km. de longitud de vía, se asignan factores a cada condición que se compara y la relación C/B con menor valor es la más óptima (Tabla 4.19).
- El coso y tiempo de auditoría en la etapa de proyecto es 20% mayor a de operación en la vía, pues la primera etapa se realiza con mayor detalle que incluye la auditoría del proyecto a nivel de estudio de Pre-Inversión o estudio definitivo mas la vía que será construida y en la segunda etapa únicamente se realiza la auditoría de la vía existente.
- El tiempo y costo de implemetación de medidas de mitigación en la etapa de proyecto es 5 veces menor al de operación en la vía, pues la primera etapa las modificatorias se realiza unicamente en los estudios de PIP (en el documento o papel) mientras en la segunda etapa se realiza en la vía construida esultado mas costosa e inversión de mayor tiempo.
- Conclusión: la etapa de aplicación de auditorías *más óptimo es la del proyecto teniendo el enfoque preventivo* en comparación a la etapa de operación que es mas costosa y con un enfoque reactivo.

Tabla 4.19: Cuadro comparativo de beneficios por etapas de aplicación de ASV.

Condición	Unidad	Factor de peso	Etapa de proyecto		Etapa de operación	
			Etapa de proyecto	Factor Py	Etapa de operación	Factor Op
Costo de auditoría por Km/etapa	S/.	1	1250	<b>1.25</b>	1,000.00	<b>1</b>
Tiempo de realización de auditoría/etapa	Día	1.5	90	<b>1.93</b>	70.00	<b>2</b>
Auditoría con detalle (Estudio + vía).	Valor	2	5	<b>3.33</b>	3.00	<b>3</b>
Costo de implementación de medidas mitigantes	S/.	4	90,000.00	<b>8.00</b>	45,000.00	<b>16</b>
Tiempo de implementación de medidas mitigantes	Día	5	360	<b>30.00</b>	60.00	<b>60</b>
			<b>TOTAL</b>	<b>44.51</b>		<b>82.00</b>
Beneficios	N° de víctimas mortales v	10	3,880,000.00	<b>22.22</b>	1,746,000.00	<b>10</b>
			<b>Factor (COSTO/BENEFICIO)</b>	<b>2.0</b>	<b>&lt;</b>	<b>8.2</b>

Fuente: Elaboración propia.

## 4.5. Contrastación de Hipótesis.

### 4.5.1. Contraste de hipótesis mediante la prueba t

#### 4.5.1.1. Prueba de normalidad

Es este análisis va a verifica la uniformidad de los datos.

Tabla 4.20: Prueba de normalidad.

Condición	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Número de víctimas fatales en calzada y berma	0.314	3	.	0.893	3	0.363
Número de víctimas fatales en zona lateral de vía	0.349	3	.	0.832	3	0.194

Fuente: Elaboración propia con software SPSS20.

En ambas poblaciones el tamaño de muestra es menor a 50, para lo cual utilizaremos la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, se observa en la Tabla anterior que el p - valor en ambas poblaciones exceden 0.05, entonces se concluye que ambas muestras provienen de una, con distribución normal.

Luego nuestra hipótesis:

**H1:**  $u1-u2 < 0$ , la media de la población 2 (severidad en zona lateral) es mayor de la media de la población 1 (severidad en calzada y berma)

**H0:**  $u1-u2 > 0$ , la media de la población 1 (severidad en calzada y berma) es menor de la población 2 (severidad en zona lateral)

Tabla 4.21: Estadísticos de muestras relacionadas.

		Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
Par 1	Número de víctimas fatales en calzada y berma	7.0000	3	2.64575	1.52753
	Número de víctimas fatales en zona lateral de vía	11.0000	3	14.79865	8.54400

Fuente: Elaboración propia con software SPSS20.



Tabla 4.22: Correlacionales de muestras relacionadas.

		N	Correlación n	Sig.
Par 1	Número de víctimas fatales en calzada y berma y Número de víctimas fatales en zona lateral de vía	3	-0.575	0.610

Fuente: Elaboración propia con software SPSS20.

#### 4.5.1.2. Prueba t.

Tabla 4.23: Prueba de muestras relacionadas.

		Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	Número de víctimas fatales en calzada y berma -Número de víctimas fatales en zona lateral de vía	-4.00000	16.46208	9.50438	-44.89407	36.89407	-3.421	2	0.715

Fuente: Elaboración propia con software SPSS20.

Decisión: Como el p - valor es menor a 0.05 (nivel de significancia), se rechaza la hipótesis nula  $H_0$ , y se acepta la  $H_1$  y se concluye que efectivamente el promedio severidad en la zona lateral de la vía, es mayor que el promedio de severidad en la calzada y berma, significa los accidentes de tránsito y su severidad ocurren mayormente en la zona lateral de la vía por lo que necesario proponer medidas que conlleven mejorar la Seguridad Vial de las zonas laterales en respecto a la calzad y berma.

#### 4.5.2. Estadístico de Tendencia General

Para observar la medida de tendencia central en cada una de las variables en estudio, y se concluye que la Los elementos de inseguridad vial de mayor frecuencia y contribución a la accidentabilidad en carreteras nacionales son la inadecuada gestión de velocidades y tratamiento de zonas laterales con sistemas de contención vehicular.

## **4.6. Propuestas de mejoras en políticas y técnicas.**

### **4.6.1. Acciones sobre la vía.**

- En las carreteras nacionales implementar las medidas de mitigación en todos los tramos y no centralizarse en los tramos de concentración de accidentes.
- Instalación de sistemas de contención, con los estándares de seguridad vial, el diseño debe diferenciar el impacto lateral y frontal, este último con amortiguadores de impacto.
- Estudio de Velocidades para implementar señalización vertical de límites de velocidad para tramos curvos, rectos, pasos por poblaciones, zonas urbanas, pasos por lugares con incidencia climática; reductores de velocidad principalmente previa a los pasos por zonas urbanas.
- Modificar la sección de las cunetas para zonas rurales y para zonas urbanas cubrir con tapas prefabricadas, que reduzcan la gravedad de los accidentes.

### **4.6.2. Acciones sobre el vehículo.**

- Promover la instalación de sistemas de control automático de velocidades acondicionados a nuestras vías para los autos, camionetas, camiones y en forma obligatoria para los ómnibus.
- Debido a la antigüedad del parque automotor en el Perú deberá limitarse la circulación de vehículos con mucha antigüedad, que induzcan a la inseguridad en el tránsito, esta antigüedad deberá ser determinada por la CNSV en coordinación con la Policía Nacional de Tránsito del Perú.

### **4.6.3. Acciones sobre el factor humano.**

- Implementación activa de Educación Vial en todos los niveles, que permita entender la importancia de la Seguridad Vial, en todas las edades, es decir a través del Ministerio de Educación la inclusión curricular de la asignatura de Educación Vial, y para los conductores capacitación semestral permanente en temas de Seguridad Vial y finalmente a los usuarios y/o peatones capacitación a través de los Gobiernos Locales en Educación Vial y Seguridad Vial.

- Incluir en el Código Penal el tipo delictivo de conducir sin la habilitación administrativa pertinente y prever para los delitos de menor gravedad contra la seguridad del tránsito los trabajos en beneficio de la comunidad como penas alternativas.
- Establecer procedimientos penales y administrativos más eficientes.

#### 4.6.4. **Acciones sobre el Factor Institucional.**

- Implementar las Auditorías de Seguridad Vial en las carreteras nacionales en los dos ciclos : Pre-Inversión e Inversión y Pos-Inversión, estas deberán ser realizados por el CONSEJO NACIONAL DE SEGURIDAD VIAL, con un calendario progresivo de implantación de 03 años, a fin de dar tiempo suficiente para la formación de auditores.
- Establecer una Política coordinadora en infraestructuras que permita involucrar a la entidades como:
  - Secretaría Nacional del Consejo de Seguridad Vial.
  - Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
  - Policía Nacional del Perú.
  - Ministerio de Salud.
  - Ministerio de Educación.
  - Gobiernos Regionales y Locales (Consejos Regionales de Seguridad Vial).
- Promover la creación del programa **”Objetivo Cero”** basado en el modelo ”visión zero” de Suecia, uno de los países con menor índice de accidentes a nivel mundial.
- Incrementar el presupuesto para la Conservación de la carreteras nacionales para los próximos años a fin de realizar trabajos para el *”mejoramiento”* de la vía y no únicamente *”mantenimiento y/o conservación”*, con resultados de Auditorías de Seguridad Vial que permita identificar deficiencias y problemas de Seguridad Vial en la Infraestructura.

#### 4.7. **Propuestas de Innovaciones producto de la tesis.**

- la Metodología Integral Innovadora plantea: Sistematizar la data de accidentalidad, identificación de tramos de concentración de accidentes mediante

combinación de métodos, Auditorías de Seguridad con empleo de tecnologías de georreferenciación dinámica, comprobación de la efectividad de mejoras de seguridad vial mediante fórmulas predictivas.

- Identificación de Secciones homogéneas que representen a las características de las carreteras nacionales del Perú Costa, Sierra, Selva.
- La identificación de elementos de inseguridad vial conlleve un *enfoque preventivo* para segmentar la vía en Tramos de Riesgo de Accidentes (TRA) similar a los TCA.
- Proponer la inclusión de señales viales que indique: Tramo de concentración de accidentes, Tramo de Riesgo de Accidentes y cruce peatonal en pasos por zonas urbanas.
- Integración de Fichas de elementos de inseguridad vial a las check list o listas de chequeo y mediante éste proponer medición de Nivel de Servicio de Seguridad Vial en carreteras nacionales.

## 4.8. Aporte de la tesis.

- **Situación:** En el Perú no existe una guía o metodología de aplicación de Auditorías de Seguridad Vial a carreteras nacionales, las guías y manuales existentes son de otros países, su aplicación se sintetiza en 02 fases:
  - 1) Identificación de problemas de Seguridad Vial de *N* aspectos.
  - 2) Propuesta de medidas de mitigación para prevención y reducción de accidentes sin análisis alguno.
- **Aporte:** Se propone una Metodología Integral de aplicación de auditorías a carreteras nacionales con 02 fases innovadas:
  - 1) Identificación de tramos críticos y elementos de inseguridad vial agrupados en 20 aspectos de Seguridad Vial con la realidad Peruana.
  - 2) Propuesta de medidas de mitigación para prevención y reducción de accidentes con análisis de efectividad de mejoras de seguridad vial (mayor beneficio al menor costo) seleccionados con fórmulas predictivas.



## CONCLUSIONES

1. En base a la información de accidentalidad en la vía en estudio del caso 1, se realizó el análisis estadístico para tres años 2012, 2013, 2014 concluyendo:
  - a) La tipología de accidentes: atropello, choque, volcaduras y despistes mantienen cifras homogéneas cada año, con valores máximos los despistes, choques y despistes con volcaduras.
  - b) El 60% de severidad, víctimas mortales y heridos ocurren en la zona lateral de la vía y un 40% en la calzada y berma, **hipótesis contrastada con la prueba t-student.**
  - c) Mediante la combinación del método Ventana Flotante del Highway Safety Manual y método de Control de Calidad de la Tasa se ha identificado tramos de concentración de accidentes, con índices de accidentalidad que indican el nivel de riesgo del tramo frente a la vía.
  - d) Respecto a los factores causantes de accidentes, se determinó que todos los factores: Humano, Infraestructura y Vehículo tienen un cierto nivel de incidencia en los accidentes, sin embargo se encontró que el factor Infraestructura es el más frecuente y factor principal de causalidad de accidentes.

2. Se aplicó la Política de **Auditoría de Seguridad Vial** en una Carretera Nacional en operación caso vía Los Libertadores concluyendo:
  - a) Identificación de 53 elementos de inseguridad vial (EISV) típicos en la toda la vía, agrupados en 20 aspectos de Seguridad Vial de la Infraestructura.
  - b) Los aspectos de seguridad vial más frecuentes con riesgo alto son: Sistemas de contención vehicular, gestión de velocidades y Factores climatológicos.
  - c) Los elementos de inseguridad vial más frecuentes con riesgo alto son: Deficiente gestión de velocidades en curvas y tangentes, ausencia de sistemas de contención vehicular y cunetas profundas sin tapas.
  - d) Durante la auditoría se utilizaron equipos de video georreferenciado para recolectar data de campo, ensayos de retrorreflectividad a la señalización vertical que no cumplieron los valores mínimos permitidos, mediciones con inclinómetro de velocidad segura de desplazamiento.
3. Mediante el Análisis de Efectividad de Mejoras de Seguridad Vial con el Método Predictivo del Highway Safety Manual se calculó el porcentaje de reducción de índice de accidentes siendo el más efectivo el que se reduzca la severidad con víctimas fatales, lográndose obtener una reducción del 12%, con 02 mejoras a implementar: Estudio de velocidades, bandas sonoras y sistemas de contención vehicular.
4. Al analizar las etapas de Auditorías de Seguridad Vial, se ha aplicado la auditoría del *caso 2* en la etapa de Inversión a la carretera PE-28B tramo Km 78+500 al Km 172+420 concluyendo que el proyecto vial tiene programado ejecutar infraestructuras con los mismos elementos de inseguridad vial indentificados en la auditoría en la etapa de operación de la vía, sin embargo por ser la etapa de proyecto es factible realizar las modificatorias antes de su ejecución lo cual indicaría que la implementación de medidas son más económicos.
  - a) Mediante una comparación de auditorías realizadas en las dos etapas concluimos que en la etapa de operación se han identificado 20 aspectos y 53 EISV, mientras que en la etapa de Proyecto 16 aspectos y 30 EISV, ésta diferencia se observará cuando la vía esté en operación, por lo que se concluye que en la etapa de Operación la auditoría es más precisa identificar

los EISV, además el costo de auditoría es mayor en la etapa del Proyecto porque se revisa con mayor detalle el proyecto e inspección de campo, si embargo la etapa de Proyecto proporciona mas beneficios.

5. Se propone una Metodología Integral para aplicar Auditorías de Seguridad Vial en el Perú, verificado la efectividad de la medida propuesta mediante el método predictivo del Highway Safety Manual (HSM) of AASHTO 2010 con calibración para Perú, para ello es fundamental implantar un sistema de base de datos de accidentalidad de las carreteras del Perú.



## RECOMENDACIONES

1. A través del Ministerio de Transportes y Comunicaciones y la Universidad Nacional de Ingeniería promover la formación de auditores de seguridad vial, quienes serán los especialistas idóneos para realizar Auditorías de Seguridad Vial a las vías.
2. Al Ministerio de Transportes y Comunicaciones a través de Provías Nacional para los contratos en Gestión y Servicios de Conservación Vial de carreteras a nivel nacional incrementar el presupuesto para aspectos de Seguridad Vial e incluir un nuevo de nivel de servicio denominado: "*Nivel de Seguridad Vial*", en función a la peligrosidad, valores de riesgo de los EISV y su incidencia en la vía.
3. A las Entidades involucradas en proyectos viales, realizar las ASV en fases de Pre-Inversión e Inversión de las vías nacionales del Perú, para luego elaborar una GUIA DE Auditoría de Seguridad Vial estandarizada, para ser utilizada a nivel nacional e incluir como aspecto adicional en la evaluación y viabilidad el de: *Seguridad vial del proyecto*.
4. A las entidades integrantes del Consejo Nacional de Seguridad Vial del Perú sistematizar una base de data de accidentalidad de las carreteras del Perú con finalidad de mejorar la Seguridad Vial con un enfoque preventivo y no únicamente reactivo.
5. Promover la creación del programa "**Objetivo Cero**" basado en el modelo "visión zero" de Suecia, uno de los países con menor índice de accidentes a nivel mundial.
6. A la Universidad Nacional de Ingeniería propiciar la investigación para determinar los CMF (factores de modificación de colisiones) en el Perú, en la presente investigación se ha utilizado factores de EE.UU. con un factor de calibración para Perú.





## GLOSARIO

**Acceso:** Ingreso y/o salida a una instalación u obra de infraestructura vial.

**Bandas Sonoras:** Dispositivo de seguridad vial, que consiste en franjas en relieve o de textura especial, dispuestas transversalmente en la calzada, que tienen por finalidad generar ruido y vibraciones en los vehículos, con el fin de alertar a los conductores, ante la existencia de riesgos diversos.

**Barrera de Seguridad Vial:** Sistema flexible de contención de vehículos, que se instala en los bordes y/o separador central de la carretera, con la finalidad de contener a un vehículo que lo impacta y evitar su despiste, reorientándolo hacia la vía.

**Dispositivos de control de Tránsito:** Señales, marcas, semáforos y dispositivos auxiliares que tienen la función de facilitar al conductor la observancia estricta de las reglas que gobiernan la circulación vehicular, tanto en carreteras como en las calles de la ciudad.

**Distancia de Visibilidad de Adelantamiento:** Distancia mínima de visibilidad necesaria para que en condiciones de seguridad un vehículo pueda adelantar a otro.

**Distancia de Visibilidad de Cruce:** Distancia mínima de visibilidad a lo largo de una carretera en ambas direcciones, que requiere observar el conductor de que pretende atravesar una carretera.

**Distancia de Visibilidad de Parada:** Distancia mínima que necesita ver el conductor de un vehículo, delante de su vehículo, para detenerlo al observar un obstáculo ubicado en su carril, para evitar impactarlo.

**Elemento de inseguridad vial:** Elemento, situación, zona potencial de riesgo, infraestructura o parte de ella deficiente o insegura, que se encuentra en la vía siendo una causa y potencialmente causa para ocurrencia de un accidente de tránsito.

**Guardavía:** Estructura metálica flexible que por lo general se instala en los bordes de la bermas, separadores centrales y otros lugares de la vía, con fines de señalización y contención de vehículos livianos.

**Índice Medio Diario Anual (IMDa):** Volumen promedio del tránsito de vehículos en ambos sentidos durante 24 horas de una muestra vehicular (conteo vehicular), para un período anual.

**Marcas en el Pavimento:** Líneas y símbolos que se utilizan con el objeto de reglamentar el movimiento de vehículos e incrementar la seguridad en su operación. Sirve, en algunos casos, como suplemento a las señales y semáforos en el control del tránsito; en otros constituye un único medio, desempeñando un factor de suma importancia en la regulación de la operación del vehículo en la vía.

**Red Vial Nacional:** Corresponde a las carreteras de interés nacional conformada por los principales ejes longitudinales y transversales, que constituyen la base del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC). Sirve como elemento receptor de las carreteras Departamentales o Regionales y de las carreteras Vecinales o Rurales.

**Ruta:** Carretera definido entre dos puntos determinados, con origen, itinerario y destino debidamente identificados.

**Seguridad Vial:** Conjunto de acciones orientadas a prevenir o evitar los riesgos de accidentes de los usuarios de las vías y reducir los impactos sociales negativos por causa de la accidentalidad.

**Señalización Vial:** Dispositivos que se colocan en la vía, con la finalidad de prevenir e informar a los usuarios y regular el tránsito, a efecto de contribuir con la seguridad del usuario.

**Técnica:** Toda aplicación del conocimiento humano para la solución de problemas prácticos de la vida.

**Tránsito:** Actividad de personas y vehículos que circulan por una vía.

**Vehículo:** Cualquier componente del tránsito cuyas ruedas no están confinadas dentro de rieles.

**Vía Urbana:** Arterias o calles conformantes de un centro poblado, que no integran el Sistema Nacional de Carreteras (SINAC).



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] **Organización Mundial de la Salud.** 2009. Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial: es hora de pasar a la acción. En línea. Fecha de acceso 24 de septiembre del 2012. URL disponible en: [www.who.int/violence\\_injury\\_prevention/road\\_safety\\_status](http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status), ,.
- [2] **Asamblea General de las Naciones Unidas.** 2010. Plan Mundial para el Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2011- 2020. En línea. Fecha de acceso 15 de diciembre del 2012. URL disponible en: [www.who.int/roadsafety/decade\\_of\\_action](http://www.who.int/roadsafety/decade_of_action),
- [3] **AUSTROADS.** 2002. Guide Road Safety Audit. En línea. Fecha de acceso 20 de agosto del 2013, URL disponible en: <http://au-roadsafetysaudit-2ndedition>.
- [4] **FWHA.** 2006. FWHA Road Safety Audit Guidelines. En Línea. Estados Unidos. Fecha de acceso 27 de octubre del 2014. URL disponible en: [http://safety.fhwa.dot.gov/rsa/guidelines/documents/fhwa\\_sa\\_06\\_06.pdf](http://safety.fhwa.dot.gov/rsa/guidelines/documents/fhwa_sa_06_06.pdf),
- [5] **Junta de Andalucía.** 2010. Manual de inspección de seguridad vial de la red de carreteras de Andalucía. En Línea. Madrid-España. Fecha de acceso 27 de enero del 2014. URL disponible en: [https://ws147.juntadeandalucia.es/obraspublicasyvivienda/publicaciones/02%20CARRETERAS/manual\\_inspeccion\\_seguridad\\_vial/manual.pdf](https://ws147.juntadeandalucia.es/obraspublicasyvivienda/publicaciones/02%20CARRETERAS/manual_inspeccion_seguridad_vial/manual.pdf).

- [6] **Parlamento Europeo Andino.** 2011. Directiva 2008/96/CE Gestión de la seguridad de las infraestructuras viarias. En línea. fecha de acceso 04 de septiembre del 2014. URL disponible en: <http://ec.europa.eu/.../road.../national-guidelines/pdf/spain-national-guidelines>.
- [7] **Dourthe, A., Salamanca, J.** 2003. Guía para realizar una auditoría de seguridad vial. En línea. Chile. 1ra. publicación. fecha de acceso 04 de marzo del 2013, URL disponible en:<http://www.conaset.cl>.
- [8] **Alcaldía Mayor de Bogotá, D.C. S.T.T.** 2005. Manual de Auditorías de Seguridad Vial. En línea, fecha de acceso 10 de abril del 2013, URL disponible en: <http://transito.worldtrainingcolombia.com/pdf/MASV.pdf>.
- [9] **MTC-Consejo Nacional de Seguridad Vial.** 2011. Plan Nacional de Seguridad Vial 2007-2011. En línea. Fecha de acceso 04 de Noviembre del 2011. URL disponible en: [https://www.mtc.gob.pe/.../Plan\\_Nacional\\_Seguridad\\_Vial\\_2007-2011](https://www.mtc.gob.pe/.../Plan_Nacional_Seguridad_Vial_2007-2011),
- [10] **Curran G.** 2008. Auditoría de seguridad vial-COSAC I. En línea. Fecha de acceso 28 de febrero del 2012. URL disponible en: <http://www.protransporte.gob.pe/.../Contrato%20de%20Concesion%2028%20>,
- [11] **MINSA, D.G.E.** 2013. Análisis epidemiológico de las lesiones causadas por accidentes de tránsito en el Perú 2013. En línea. Perú. Fecha de acceso 20 de junio del 2014, URL disponible en: <http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/2930.pdf>
- [12] **Caballero, A.E.** 2011. Metodología integral innovadora para planes y tesis. 1ra. Edición. Lima - Perú. Editorial El comercio. PP 623.
- [13] **Hernandez, R., Baptista,P.** 2014. Metodología de la Investigación. 6ta. Edición. Santa Fé - México. Editorial Mc Graw Hill. PP 600.
- [14] **Quezada, N.** 2010. Metodología de la Investigación, Estadística aplicada en la investigación. 1ra. Edición. Lima - Perú. Editorial Macro. PP 334.
- [15] **AUSTROADS.** 2002. Road Safety Audit. En línea. Fecha de acceso 18 de junio del 2012, URL disponible en: [http://au\\_roadsafetysaudit-2ndedition](http://au_roadsafetysaudit-2ndedition).

- 
- [16] **Congreso de la República.** 2012. Libro Blanco de la Seguridad Vial. 1ra. edición. Lima-Perú. Editorial Pui Huang SAC. PP 125.
- [17] **PIARC.** 2007. Manual de inspecciones de Seguridad vial. Korea. Fecha de acceso 20 de enero del 2014. URL disponible en: <http://biblioteca.mti.gob.ni:8080/docushare/dsweb/Get/DocumentosTecnicos-53/Manual%20de%20Inspecciones%20de%20Seguridad%20Vial.pdf>.
- [18] **Corporación Fondo de Revención Vial.** 2012. Lineamientos Básicos de Auditorías de Seguridad Vial. En línea. Fecha de acceso 04 de septiembre del 2013. URL disponible en: [http://cartilla\\_lineamientos\\_asv25riesgosencontrados](http://cartilla_lineamientos_asv25riesgosencontrados).
- [19] **AASHTO.** 2010. Highway Safety Manual. En línea. Estados Unidos. 1ra. Edición. Fecha de acceso 13 de mayo del 2012. URL disponible en: [www.este.civ.uth.gr/apodeltiosi/HSM.pdf](http://www.este.civ.uth.gr/apodeltiosi/HSM.pdf)
- [20] **Candia, M.G.** 2010. Introducción Básica al Highway Safety Manual- Aplicaciones. En Línea. Fecha de acceso 28 de setiembre del 2014. URL disponible: [http://departamento.pucp.edu.pe/ingenieria/images/documentos/seccion\\_civil/Civil%20eventos/LIMA%20FRIDAY%20PRESENTATION%20-%20Mario%20Candia%20%5BCompatibility%20Mode%5D.pdf](http://departamento.pucp.edu.pe/ingenieria/images/documentos/seccion_civil/Civil%20eventos/LIMA%20FRIDAY%20PRESENTATION%20-%20Mario%20Candia%20%5BCompatibility%20Mode%5D.pdf).
- [21] **Elvik, R. y Vaa, T.** 2004. Handbook of Road Safety Measures. En línea. Reino Unido. Elsevier. fecha de acceso 27 de octubre del 2014. URL disponible en: [http://cmfclearinghouse.org/study\\_detail.cfm?stid=14](http://cmfclearinghouse.org/study_detail.cfm?stid=14),
- [22] **Fundación MAPFRE.** 2006. Libro Verde de la Seguridad Vial. En línea. España. Editorial Gráficos Gallagor. Fecha de acceso 15 de noviembre del 2013, URL disponible en: [http://www.fundacionmapfre.org/fundacion/es\\_es/images/Libro-Verde\\_tcm164-5486.pdf](http://www.fundacionmapfre.org/fundacion/es_es/images/Libro-Verde_tcm164-5486.pdf).
- [23] **Nazif, J.I.** 2011. Guía práctica para el diseño e implementación de políticas de seguridad vial integrales. En Línea. Chile.-CEPAL. fecha de acceso 25 de enero del 2014. URL disponible en: <http://socinfo.eclac.org/en/node/20863>.
- [24] **Nieves.A, Domínguez F.C.** 2010. Probabilidad y estadística para ingeniería, un enfoque moderno. 1ra. Edición. México. Editorial Mc Graw Hill. PP 548.



## **A** Apéndices

- A.1. Lista de chequeo con Niveles de Seguridad Vial**
- A.2. Fichas de Identificación-Análisis y Mitigación de Elementos de Inseguridad Vial**
- A.3. Data de accidentalidad obtenida de campo**
- A.4. Plano General de la vía Los Libertadores**