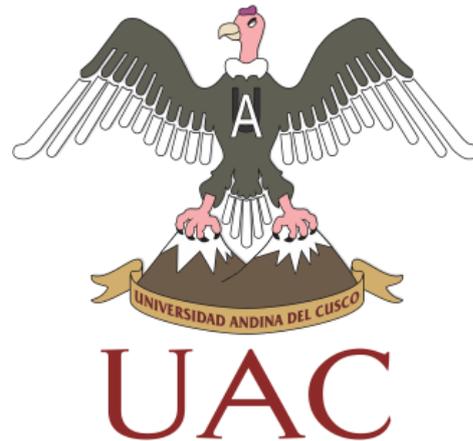




UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA EN LA
CARRETERA NACIONAL PE-3S TRAMO AV.
ANTONIO LORENA - POROY, APLICANDO LA
METODOLOGÍA DE INSPECCIÓN DE SEGURIDAD
VIAL Y EL MANUAL HSM.

Presentado por los bachilleres:

- Herrera Ponce, Veriosca.
- Mandura Choque, Rodrigo Miguel.

“Para optar al Título Profesional de Ingeniero
Civil”

Asesor: Mgt. Ing. Jean Fernando Pérez
Montesinos

CUSCO – PERÚ
2017



DEDICATORIA

A Dios

Quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mis Padres

Javier y Margarita me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos y que han estado siempre cuidándome y guiándome desde el cielo.

A mi hijo

Fabián quien ha sido mi mayor motivo para nunca rendirme en los estudios y poder llegar a ser un ejemplo para él, posiblemente en este momento no entiendas mis palabras, pero para cuando seas capaz, quiero que te des cuenta de lo que significas para mí. Como en todos mis logros, en este has estado presente.

A mi hermano

Héctor Plinio que siempre ha estado junto a mí y brindándome su apoyo, muchas veces poniéndose en el papel de padre.

Finalmente, a mi familia en general que siempre me brindaron apoyo día a día en el transcurso de cada año de mi vida universitaria.

Veriosca



A mis Padres

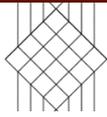
Graciano y María de la O quienes con su ejemplo y dedicación han sabido educarme como persona, espero estén orgullosos de este logro que también es vuestro.

A mis hermanos y familia en general

Mis hermanos María, Carlos, Pedro que han sido siempre un apoyo invaluable que, junto a Emiliana, a quien consideramos nuestra segunda madre, son quienes junto a la familia también han contribuido a mi formación personal.

Finalmente, a todos los amigos que se han ido formando a lo largo del transcurrir del tiempo quienes siempre han ofrecido su apoyo desinteresado.

Rodrigo M.



AGRADECIMIENTOS

Para Dios por habernos dado la sabiduría y la fortaleza para que fuera posible alcanzar este triunfo.

A nuestra querida “Universidad Andina del Cusco”, por permitir formarnos en sus aulas para ser parte del equipo de profesionales que sacaran adelante a nuestro país.

A nuestro asesor de tesis, Mgt. Ing. Jean Fernando Pérez Montesinos, por guiarnos para realizar esta tesis bajo su dirección y apoyo desde su inicio hasta su culminación

Agradecemos de manera especial y sincera al Ing. Yimmy Johan Chipana Molina. Su apoyo, participación activa, confianza y paciencia en nuestro trabajo, su capacidad para guiar nuestras ideas ha sido un aporte invaluable

Le agradecemos también el habernos facilitado siempre los medios suficientes para llevar a cabo todas las actividades propuestas durante el desarrollo de esta tesis. No cabe duda que su participación ha enriquecido el trabajo realizado.

Al Mgt. Ing. Víctor Chacón Sánchez, por su apoyo en la revisión del formato de la tesis así como en las recomendaciones vertidas para enriquecer y mejorar el trabajo final.

Al Sub Oficial PNP Oscar Sánchez N. quien desinteresadamente nos brindó información y guía para la obtención de la data de accidentes de tránsito para el desarrollo de la tesis.

A todos nuestros amigos y compañeros de la carrera, gracias por la ayuda y por su amistad.

Veriosca y Rodrigo



RESUMEN

Esta investigación está enfocada en el análisis y propuestas de mejora en la Carretera Nacional PE-3S tramo Av. Antonio Lorena – Poroy (Cusco), aplicando la metodología de Inspección de Seguridad Vial (ISV) y el Método Predictivo del Highway Safety Manual (HSM). Donde la aplicación de una ISV comprende la identificación de aquellas zonas donde potencialmente la seguridad vial sea deficiente debido a diversas condiciones y características.

Así mismo la aplicación del Método Predictivo del Highway Safety Manual (HSM), implica la recolección y procesamiento de accidentes suscitados en el tramo estudiado en un periodo de cinco años, el conteo y clasificación del tráfico vehicular (IMDA) y el levantamiento de las características geométricas; con el objetivo de hallar, primero: La predicción de la frecuencia promedio de accidentes esperados (N_{esperado}) con las condiciones actuales de sitio, además se realiza un ajuste con los accidentes observados ($N_{\text{observado}}$) aplicando del Método Empírico de Bayes; segundo se ha hallado el Factor de Calibración (C) del tramo estudiado ($C=0.73$); que servirá para futuras evaluaciones en la vía haciendo uso del HSM; por último se hace uso del HSM para realizar una segunda predicción donde las condiciones de la vía han sido cambiadas con propuestas de mejora con el objetivo de reducir el número promedio de accidentes esperados.

La aplicación de la Inspección de Seguridad Vial y el Highway Safety Manual, dieron como resultado la identificación de aquellas zonas donde la seguridad vial presenta deficiencias y es necesaria una intervención con el fin de preservar el estado de seguridad de las personas. Es por ello que se adjunta en el ANEXO 03 de la tesis un formato para el registro de accidentes de tránsito que mejorará el análisis de los datos para futuras investigaciones.

Finalmente hay que mencionar que esta investigación presenta metodología no muy conocida en el Perú, la cual debería ser implementada antes, durante y después del proceso de construcción de una vía con la finalidad de reducir las víctimas resultado de los accidentes de tránsito.

Palabras clave: Accidentes de tránsito, Seguridad Vial, Inspección de Seguridad Vial, Método Predictivo, Highway Safety Manual, Factor de Calibración, Accidentes Esperados, HSM.



ABSTRACT

This research is focused on the analysis and proposals for improvement in the National Road PE-3S section Av. Antonio Lorena - Poroy (Cusco), applying the methodology of Road Safety Inspection (RSI) and the Highway Safety Manual Predictive Method (HSM).

Where the application of an RSI includes the identification of those areas where potentially road safety is deficient due to various conditions and characteristics.

Also, the application of the Highway Safety Manual (HSM) Predictive Method involves the collection and processing of the accidents subscribed in the section studied in a period of five years, the counting and classification of vehicular traffic (AADT) and the lifting of the geometric characteristics; with the aim of finding, first: The prediction of the average frequency of expected accidents (N_{expected}) with the current conditions of the site, in addition an adjustment is made with the observed accidents (N_{observed}) applying the Empirical Method of Bayes; according to the Calibration Factor (C) of the studied section ($C = 0.73$); which will serve for future on-track evaluations using the HSM; Finally, HSM is used to make a second prediction where the road conditions have been changed with improvement proposals with the aim of reducing the percentage of accidents expected.

The Application of Road Safety Inspection and Road Safety Manual, as it is called the identification of those areas where road safety is deficient and intervention is necessary in order to preserve the safety of people. For this reason, a format for the registration of traffic accidents that seeks to analyze the data for future research is attached in Annex No. 03 of the thesis.

Finally, it should be mentioned that this research presents a methodology not well known in Peru, which should be implemented before, during and after the process of construction of a road in order to reduce victims resulting from traffic accidents.

Key words: Traffic Accidents, Road Safety, Road Safety Inspection, Predictive Method, Road Safety Manual, Calibration Factor, Expected Accidents, HSM.



INTRODUCCIÓN

La falta de conocimiento o poco interés en el Perú por la Seguridad Vial es un grave problema para el país, como sabemos la seguridad de las personas es uno de los principios de la Ingeniería Civil, por ello mediante el ejercicio profesional y la investigación se busca reducir y/o eliminar los factores que generen riesgos para la integridad física de las personas, por tanto las carreteras, escenario común de los accidentes, donde las características geométricas de la misma, los dispositivos de control de tránsito y demás son factores que influyen en la generación de estos accidentes los cuales deben ser analizados para determinar su incidencia y las consecuencias negativas para las personas usuarias de la carretera o terceros.

Por lo mismo en este trabajo de investigación se plantea, en el Capítulo I, la problemática que se da a nivel nacional y local en torno a la Seguridad Vial y como ésta afecta a las condiciones de calidad de vida en las personas, donde se plantean también las hipótesis y objetivos de la investigación.

Y para la mejor comprensión de este estudio, en el Capítulo II, se hace referencia a antecedentes y bibliografía que contextualizan y presentan de mejor manera aquellos conceptos que son manejados en el desarrollo del presente estudio. Allí se expone sobre las definiciones de Seguridad Vial y sus componentes, Accidentes de Tránsito, Metodología de Inspección de Seguridad Vial y teoría sobre el Highway Safety Manual.

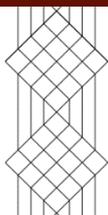
De igual manera, en el Capítulo III, se explica y desarrolla la metodología que sigue el estudio para lograr los resultados que nos permitan alcanzar los objetivos planteados en el Capítulo I. Se presentan la recopilación de datos y su posterior proceso de análisis, donde se evalúan las Características Geométricas, las Características de la Vía y su Entorno, el Volumen y Clasificación Vehicular (IMDA) y la Accidentalidad en la Vía. En este mismo capítulo se aplica la Metodología de Inspección de Seguridad Vial y el Método Predictivo del Highway Safety Manual.

En el Capítulo IV, se presentan los resultados del proceso de análisis de datos, de donde se podrán inferir las respuestas a las hipótesis planteadas y se determina si los objetivos han sido alcanzados, haciendo mayor énfasis en los resultados de la Inspección de



Seguridad Vial y del Highway Safety Manual, puesto que con ambas metodologías se determina el estado de la Seguridad Vial en el tramo estudiado.

Finalmente, son expuestas las conclusiones a las que esta investigación ha llegado, siendo relevante el que se haya logrado identificar y determinar aquellos factores que influyen en la posible generación de accidentes de tránsito; así mismo se expone si las propuestas de mejora tienen un impacto positivo en la Seguridad Vial.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT.....	v
INTRODUCCIÓN	vi
ÍNDICE GENERAL	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS	xvii
ÍNDICE DE ECUACIONES	xix
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	1
1.1.2 FORMULACIÓN INTERROGATIVA DEL PROBLEMA.....	2
1.1.2.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA GENERAL.....	2
1.1.2.2 FORMULACIÓN DE LOS PROBLEMAS ESPECÍFICOS	3
1.2 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN ...	3
1.2.1 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA	3
1.2.2 JUSTIFICACIÓN SOCIAL	4
1.2.3 JUSTIFICACIÓN POR VIABILIDAD	4
1.2.4 JUSTIFICACIÓN POR RELEVANCIA	4
1.3 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
1.3.1 LIMITACIONES DE ESPACIO.....	5
1.3.2 LIMITACIONES DE TIEMPO	5
1.3.3 LIMITACIONES DE DATOS	5
1.3.4 LIMITACIONES DE BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS	5
1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	6
1.4.1 OBJETIVO GENERAL	6
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
1.5 HIPÓTESIS	7



1.5.1	HIPÓTESIS	7
1.5.2	SUB – HIPÓTESIS	7
1.6	DEFINICIÓN DE VARIABLES	8
1.6.1	VARIABLES INDEPENDIENTES.....	8
1.6.1.1	DEFINICIÓN DE VARIABLES INDEPENDIENTES.....	8
1.6.1.2	INDICADORES DE VARIABLES INDEPENDIENTES	8
1.6.2	VARIABLES DEPENDIENTES	8
1.6.2.1	DEFINICIÓN DE VARIABLES DEPENDIENTES.....	8
1.6.2.2	INDICADORES DE VARIABLES DEPENDIENTES.....	8
1.6.3	CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	9
1.6.4	MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	10
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....		11
2.1	ANTECEDENTES	11
2.1.1	ANTECEDENTES A NIVEL LOCAL.....	11
2.1.2	ANTECEDENTES A NIVEL NACIONAL	11
2.1.3	ANTECEDENTES A NIVEL INTERNACIONAL	12
2.2	ASPECTOS TEÓRICOS PERTINENTES	13
2.2.1	ACCIDENTES DE TRÁNSITO	13
2.2.1.1	CLASIFICACIÓN DE LOS ACCIDENTES DE TRÁNSITO.....	13
2.2.1.1.1	Accidentes de Tránsito por su Gravedad.....	14
2.2.1.1.2	Accidentes de Tránsito por su Tipo.....	14
2.2.1.2	ACCIDENTALIDAD EN EL PERÚ	16
2.2.2	SEGURIDAD VIAL	18
2.2.2.1	DEFINICIÓN DE SEGURIDAD.....	18
2.2.2.2	DEFINICIÓN DE SEGURIDAD VIAL	19
2.2.2.3	SEGURIDAD VIAL NOMINAL Y SUSTANTIVA.....	20
2.2.2.4	MEDIDAS DE SEGURIDAD VIAL.....	21
2.2.2.4.1	Seguridad Primaria (o Activa).....	22
2.2.2.4.2	Seguridad Secundaria (o Pasiva)	23
2.2.2.4.3	Seguridad Terciaria	23
2.2.2.5	PERCEPCIÓN DE LA SEGURIDAD	24
2.2.2.6	FACTORES QUE INFLUYEN EN LA SEGURIDAD VIAL	24
2.2.2.6.1	Factor Humano	25



2.2.2.6.2	Factor de la Vía - Entorno	25
2.2.2.6.3	Factor Vehicular	26
2.2.2.6.4	Matriz de Haddon	26
2.2.2.7	CONSIDERACIONES GENERALES DE SEGURIDAD VIAL	27
2.2.2.7.1	Diseño Geométrico	27
2.2.2.7.2	Superficie de Rodadura	29
2.2.2.7.3	Dispositivos de Control de Tránsito	30
2.2.2.7.4	Gestión de Tránsito.....	31
2.2.2.7.5	Mobiliario Vial	32
2.2.2.7.6	Usuarios de la Vía	33
2.2.2.7.7	Vehículos en la Vía	33
2.2.2.7.8	Trabajos y Mantenimiento de Vías.....	33
2.2.3	METODOLOGÍA DE INSPECCIÓN DE SEGURIDAD VIAL.....	34
2.2.3.1	DEFINICIONES.....	34
2.2.3.1.1	Inspección de Seguridad Vial (ISV).....	34
2.2.3.1.2	Auditoria de Seguridad Vial (ASV)	34
2.2.3.1.3	Diferencia entre ASV e ISV	35
2.2.3.2	ASPECTOS PRINCIPALES A CONSIDERAR AL APLICAR ISV	35
2.2.3.3	PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR UNA ISV	36
2.2.3.4	TRAMOS DE CONCENTRACIÓN DE ACCIDENTES.....	37
2.2.3.5	LISTAS DE CHEQUEO (CHECK LIST)	37
2.2.3.6	ÍNDICE DE PELIGROSIDAD (IP).....	38
2.2.3.7	ÍNDICE DE ACCIDENTALIDAD (IA).....	39
2.2.4	HIGHWAY SAFETY MANUAL (HSM).....	39
2.2.4.1	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL HIGHWAY SAFETY MANUAL (HSM)	40
2.2.4.2	HSM PARTE C – MÉTODO PREDICTIVO	41
2.2.4.3	DEFINICIONES USADAS POR EL MÉTODO PREDICTIVO DEL HSM	43
2.2.4.3.1	Función de Desempeño de Seguridad (FDS)	43
2.2.4.3.2	Factores de Modificación de Accidentes (FMAs).....	44
2.2.4.3.3	Factor de Calibración de Accidentes (C).....	54
2.2.4.3.4	Método Empírico de Bayes (Método EB)	55



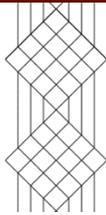
2.2.4.4	PASOS PARA DESARROLLAR EL MÉTODO PREDICTIVO DEL HSM	57
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA		64
3.1	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	64
3.1.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN	64
3.1.2	NIVEL DE INVESTIGACIÓN	64
3.1.3	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	65
3.2	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	65
3.2.1	DISEÑO METODOLÓGICO	65
3.2.2	DISEÑO DE INGENIERÍA	66
3.3	POBLACIÓN Y MUESTRA	68
3.3.1	POBLACIÓN	68
3.3.1.1	DESCRIPCIÓN DE LA POBLACIÓN	68
3.3.1.2	CUANTIFICACIÓN DE LA POBLACIÓN	68
3.3.2	MUESTRA	68
3.3.2.1	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	68
3.3.2.2	CUANTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	68
3.3.2.3	MÉTODO DE MUESTREO	69
3.3.2.4	CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE LA MUESTRA	69
3.3.3	CRITERIOS DE INCLUSIÓN	70
3.4	INSTRUMENTOS	70
3.4.1	INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS	70
3.4.1.1	ACCIDENTALIDAD	70
3.4.1.2	CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS	72
3.4.1.3	CARACTERÍSTICAS Y VOLUMEN DE TRÁNSITO	72
3.4.1.4	CARACTERÍSTICAS Y ENTORNO DE LA VÍA	73
3.4.1.5	INSPECCIÓN DE SEGURIDAD VIAL	74
3.4.1.6	HSM – HIGHWAY SAFETY MANUAL	75
3.4.2	INSTRUMENTOS DE INGENIERÍA	76
3.5	PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	77
3.5.1	ACCIDENTALIDAD	77
3.5.2	CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS	79
3.5.3	CARACTERÍSTICAS Y VOLUMEN DE TRÁNSITO	84
3.5.4	CARACTERÍSTICAS Y ENTORNO DE LA VÍA	86



3.6	PROCEDIMIENTOS DE ANÁLISIS DE DATOS.....	90
3.6.1	ACCIDENTALIDAD.....	90
3.6.1.1	PROCESAMIENTO Y DIAGRAMAS DE ACCIDENTALIDAD..	90
3.6.1.1.1	Accidentalidad en el Periodo de Evaluación (2012 – 2016)	90
3.6.1.2	ANÁLISIS GENERAL DEL PROCEDIMIENTO DE ACCIDENTALIDAD	99
3.6.2	CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS	99
3.6.2.1	PROCESAMIENTO Y DIAGRAMAS DE CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS	99
3.6.2.1.1	Características de la Geometría Horizontal.....	99
3.6.2.1.2	Características de la Geométrica Vertical	104
3.6.3	CARACTERÍSTICAS Y VOLUMEN DE TRÁNSITO.....	106
3.6.3.1	PROCESAMIENTO Y DIAGRAMAS DE CARACTERÍSTICAS DEL TRÁNSITO	106
3.6.3.1.1	Características y Volumen de Tránsito del Periodo 2000 – 2017. ...	107
3.6.3.1.2	Características y Volumen de Tránsito del Año 2017.....	112
3.6.3.1.3	Características y Volumen de Tránsito del Periodo de 2012 – 2016.	114
3.6.3.2	ANÁLISIS GENERAL DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL TRÁNSITO	114
3.6.4	CARACTERÍSTICAS Y ENTORNO DE LA VÍA.....	115
3.6.4.1.1	PROCESAMIENTO Y DIAGRAMAS DE CARACTERÍSTICAS Y ENTORNO DE LA VÍA	115
3.6.4.1.2	ANÁLISIS GENERAL DE LAS CARACTERÍSTICAS Y ENTORNO DE LA VÍA	117
3.6.5	INSPECCIÓN DE SEGURIDAD VIAL.....	117
3.6.5.1	PROCESAMIENTO Y DIAGRAMAS DE LA INSPECCIÓN DE SEGURIDAD VIAL	118
3.6.5.1.1	Descripción del Trazado Actual	118
3.6.5.1.2	Parámetros Básicos de Evaluación.....	119
3.6.5.1.3	Estudio del Diseño Geométrico.....	121
3.6.5.2	ANÁLISIS GENERAL DE LA INSPECCIÓN DE SEGURIDAD VIAL	169
3.6.6	HSM – HIGHWAY SAFETY MANUAL	169
3.6.6.1	ANÁLISIS DEL PERIODO 2012 – 2016.....	169
3.6.6.1.1	Datos de Ingreso para el 1er Análisis	170



3.6.6.1.2	Cálculo del Factor de Desempeño de Seguridad (FDS), periodo 2012 – 2016	172
3.6.6.1.3	Análisis con HSM del Año 2012	173
3.6.6.1.4	Análisis con HSM del Año 2013	181
3.6.6.1.5	Análisis con HSM del Año 2014	189
3.6.6.1.6	Análisis con HSM del Año 2015	197
3.6.6.1.7	Análisis con HSM del Año 2016	205
3.6.6.1.8	Accidentes Esperados por Segmento	213
3.6.6.1.9	Resumen y Factor de Calibración	217
3.6.6.2	NUEVAS CONDICIONES DE SITIO PARA EL 2DO ANÁLISIS	217
3.6.6.3	2do ANÁLISIS CON LAS PROPUESTAS DE MEJORA	218
3.6.6.3.1	Datos de Entrada para el 2do Análisis	218
3.6.6.4	ANÁLISIS GENERAL DEL MÉTODO PREDICTIVO DEL HSM	226
CAPÍTULO IV. RESULTADOS		227
4.1	ACCIDENTALIDAD	227
4.2	CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS	230
4.3	CARACTERÍSTICAS Y VOLUMEN DE TRÁNSITO	231
4.4	CARACTERÍSTICAS Y ENTORNO DE LA VÍA	234
4.5	INSPECCIÓN DE SEGURIDAD VIAL	234
4.6	HSM – HIGHWAY SAFETY MANUAL	238
4.7	RESULTADOS DE ISV Y HSM	241
4.8	PROPUESTAS DE MEJORA	248
CAPÍTULO V. DISCUSIONES		250
GLOSARIO		255
CONCLUSIONES		264
RECOMENDACIONES		267
REFERENCIAS		270
ANEXOS		275



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Cuadro de Operacionalización de Variables.	9
Tabla N° 2. Matriz de Consistencia.	10
Tabla N° 3. Matriz de Haddon	26
Tabla N° 4. Valores de las Condiciones Base Establecidas en el HSM.	42
Tabla N° 5. FMA_{ra} para Ancho de Carril.....	45
Tabla N° 6. FMA_{wra} para Ancho de Berma.....	47
Tabla N° 7. FMA_{ra} en Función del Tipo y Ancho de Berma.	48
Tabla N° 8. FMA para la Pendiente Longitudinal	50
Tabla N° 9. Proporción de Accidentes Nocturnos en un Segmento de Carretera Sin Iluminación.	54
Tabla N° 10. Muestras (Segmentos) de Carretera a Evaluar.	69
Tabla N° 11. Formato Estándar para el Registro de Accidentes por la PNP.	71
Tabla N° 12. Formato para Recopilar información de las Características Geométricas.	72
Tabla N° 13. Formato para Realizar el Conteo Vehicular.	72
Tabla N° 14. Formato para Recopilar Datos de Características y Entorno de la Vía. ...	73
Tabla N° 15. Formato para Recopilar Datos del Entorno de la Vía.....	73
Tabla N° 16. Formato de Lista de Chequeo (Check List) para la ISV.....	74
Tabla N° 17. Hojas de Trabajo para Desarrollar el Método predictivo del Highway Safety Manual.	75
Tabla N° 18. Accidentes Fatales, No Fatales y Totales Registrados entre los Años 2012 y 2016.	78
Tabla N° 19. Características Geométricas de la Vía.	79
Tabla N° 20. Características y Volumen del Tránsito del Periodo (2012 – 2016).....	84
Tabla N° 21. Conteo y Clasificación Vehicular en la Estación E-075, Ambos Sentidos, días 23, 24 y 25 de Marzo.	85
Tabla N° 22. Características y Entorno de la Vía	86
Tabla N° 23. Entorno y Componentes de la Vía.....	88
Tabla N° 24. Accidentes Fatales, No Fatales y Totales entre los Años 2012 y 2016	90



Tabla N° 25. Accidentes por Clase (2012 – 2016)..... 92

Tabla N° 26. Accidentes por Causa (2012 – 2016)..... 93

Tabla N° 27. Accidentes por Vehículo Participante (2012 – 2016)94

Tabla N° 28. Accidentes por Incidencia Horaria (2012-2016) 95

Tabla N° 29. Accidentes por Incidencia Diaria (2012-2016) 96

Tabla N° 30. Accidentes por Víctimas (2012-2016)..... 97

Tabla N° 31. Curvas Horizontales 99

Tabla N° 32. Curvas Verticales y Pendientes 104

Tabla N° 33. Características y Volumen de Tránsito, año 2000. 108

Tabla N° 34. Características y Volumen de Tránsito, año 2002..... 109

Tabla N° 35. Características y Volumen de Tránsito, año 2006. 110

Tabla N° 36. Características y Volumen de Tránsito, año 2010. 111

Tabla N° 37. Características y Volumen de Tránsito Corregido, año 2017..... 112

Tabla N° 38. Factores Corrección Estacional (FC)..... 112

Tabla N° 39. Características y Volumen de Tránsito, año 2017. 113

Tabla N° 40. IMDA para el Periodo de Evaluación (2012 – 2016)..... 114

Tabla N° 41. Resumen por segmentos de Características y Entorno de la Vía. 115

Tabla N° 42. Anchos de Calzada Presentes en la Vía..... 120

Tabla N° 43. Longitudes mínimas de tramos en tangente 121

Tabla N° 44. Comprobación de la longitud mínima de tramos en tangente 122

Tabla N° 45. Comprobación del Radio Mínimo en Curvas Circulares..... 125

Tabla N° 46. Coordinación entre curvas circulares. 128

Tabla N° 47. Longitud de Transición de Peralte..... 130

Tabla N° 48. Pendiente Mínima y Máxima 132

Tabla N° 49. Tabla 303.02 del Manual DG-2014, Distancia de Parada y Adelantamiento
..... 133

Tabla N° 50. Longitud mínima de Curvas Verticales 134

Tabla N° 51. Distancia de Parada para Diferentes Pendientes..... 136

Tabla N° 52. Distancia de Visibilidad de Parada (Dp) 136

Tabla N° 53. Distancia de Visibilidad de Adelantamiento (Da)..... 138

Tabla N° 54. Coordinación Planialtimétrica, según DG-2014..... 142

Tabla N° 55. Ancho de calzada..... 149

Tabla N° 56. Datos de Entrada Para el 1er Análisis – HSM..... 170

Tabla N° 57. Factor de Desempeño de Seguridad, Periodo 2012 – 2016..... 172



Tabla N° 58. Combinación de FMAs para el Año 2012 173

Tabla N° 59. Frecuencia Promedio de Accidentes Predichos ($N_{predicho}$), año 2012 175

Tabla N° 60. Accidentes Predichos por Nivel de Severidad, Año 2012..... 178

Tabla N° 61. Accidentes Esperados Aplicando Método EB, año 2012..... 179

Tabla N° 62. Combinación de FMAs para el año 2013 181

Tabla N° 63. Frecuencia Promedio de Accidentes Predichos ($N_{predicho}$), año 2013 183

Tabla N° 64. Accidentes Predichos por Nivel de Severidad, año 2013 186

Tabla N° 65. Accidentes Esperados Aplicando Método EB, año 2013 187

Tabla N° 66. Combinación de FMAs para el año 2014 189

Tabla N° 67. Frecuencia Promedio de Accidentes Predichos ($N_{predicho}$), año 2014 191

Tabla N° 68. Accidentes Predichos por Nivel de Severidad, año 2014 194

Tabla N° 69. Accidentes Esperados Aplicando Método EB, año 2014 195

Tabla N° 70. Combinación de FMAs para el año 2015 197

Tabla N° 71. Frecuencia Promedio de Accidentes Predichos ($N_{predicho}$), año 2015 199

Tabla N° 72. Accidentes Predichos por Nivel de Severidad, año 2015 202

Tabla N° 73. Accidentes Esperados Aplicando Método EB, año 2015 203

Tabla N° 74. Combinación de FMAs para el año 2016 205

Tabla N° 75. Frecuencia Promedio de Accidentes Predichos ($N_{predicho}$), año 2016 207

Tabla N° 76. Accidentes Predichos por Nivel de Severidad, año 2016 210

Tabla N° 77. Accidentes Esperados Aplicando Método EB, año 2016 211

Tabla N° 78. Accidentes Esperados por Segmento, años 2012 – 2016 213

Tabla N° 79. Tabla de Resumen de Resultados para el Periodo de Evaluación 2012 – 2016 217

Tabla N° 80. Datos de Entrada para el 2do Análisis – HSM 218

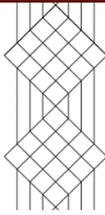
Tabla N° 81. Combinación de FMAs, 2do Análisis..... 220

Tabla N° 82. Frecuencia Promedio de Accidentes Predichos ($N_{predicho}$), 2do Análisis 222

Tabla N° 83. Accidentes Predichos por Nivel de Severidad, 2do Análisis..... 225

Tabla N° 84. Valores de IMDA en el Periodo 2000 – 2017 232

Tabla N° 85. Accidentes Esperados (Condición Actual y 2do Análisis)..... 240



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. Las 10 causas principales de muerte en personas de 15 a 29 años, 2012....	1
Figura N° 2. Población que exige medidas frente a los accidentes de tránsito.....	2
Figura N° 3. Diferentes Formas de Colisión.....	14
Figura N° 4. Atropellamiento.....	15
Figura N° 5. Muertes por cada 10 000 vehículos y por cada 1 000 accidentes, 2002 - 2012	16
Figura N° 6. Accidentes de Tránsito en el Perú, 2005 – 2016.....	17
Figura N° 7. Accidentes de Tránsito en el Perú (Red Urbana), 2005 - 2016.....	17
Figura N° 8. Accidentes de Tránsito en el Perú (Carreteras), 2005 - 2016.....	18
Figura N° 9. Desarrollo de la Seguridad Nominal y Sustantiva	21
Figura N° 10. Relación Entre la Seguridad Objetiva y la Percepción de Seguridad	24
Figura N° 11. Aspectos a Considerar en una Inspección de Seguridad Vial (ISV)	36
Figura N° 12. Flujograma para Realizar una Inspección de Seguridad Vial	37
Figura N° 13. Parte de una Lista de Chequeo Propuesta en el Manual de Auditorías de Seguridad Vial en Bogotá - Colombia.....	38
Figura N° 14. Factor de Modificación de Accidentes para Ancho de Carril	46
Figura N° 15. FMA_{wra} para Ancho de Berma	47
Figura N° 16. Flujograma del Método Predictivo del HSM	63
Figura N° 17. Proceso de la Investigación Cuantitativa	64
Figura N° 18. Flujograma del Diseño de Ingeniería	67
Figura N° 19. Evolución y Distribución de los Accidentes de Tránsito por Clase.....	92
Figura N° 20. Evolución y Distribución de los Accidentes de Tránsito por Causa.	93
Figura N° 22. Evolución de la Participación de Vehículos (2012 -2016).....	94
Figura N° 23. Evolución y Distribución de Accidentes por Incidencia Horaria.....	95
Figura N° 24. Evolución y Distribución de Accidentes por Incidencia Diaria.....	96
Figura N° 25 Evolución y Distribución de Accidentes por Víctimas No Fatales.....	97
Figura N° 26 Evolución y Distribución de Accidentes por Víctimas Fatales.....	97
Figura N° 27. Diagrama de la Longitud de Curvas con Respecto a la Longitud Total.....	101



Figura N° 28. Diagrama de Curvas Horizontales..... 102

Figura N° 29. Evolución del Tráfico en el Periodo 2000 - 2017 107

Figura N° 30. Composición del Volumen de Tránsito, año 2000108

Figura N° 31. Composición del volumen de tránsito, año 2002..... 109

Figura N° 32. Composición del Volumen de Tránsito, año 2006.110

Figura N° 33. Composición del Volumen de Tránsito, año 2010.111

Figura N° 34. Composición del Volumen de Tránsito, año 2017.113

Figura N° 35. Gráfica de Regresión Lineal para Obtener los Valores de IMDA. 114

Figura N° 36. Porcentaje de vía por Tipo de Superficie 116

Figura N° 37. Porcentaje de vía por Estado de Transitabilidad 117

Figura N° 38. Tramo Poroy - Av. Antonio Lorena a Analizar en la Carretera Nacional PE-3S 118

Figura N° 39. Foto de Inicio de Zona de Estudio, Km 954 119

Figura N° 40. Señal Vertical que Indica la Velocidad Máxima de 35 Km/h..... 120

Figura N° 41. Longitudes Mínimas de Tangente..... 124

Figura N° 42. Radios Mínimos de Curvas Circulares..... 127

Figura N° 43. Distancia Mínima de Adelantamiento (Da) 140

Figura N° 44. Distribución de los Accidentes Esperados por Segmentos, años 2012 - 2016 215

Figura N° 45. Evolución del Número de Accidentes de Tránsito..... 227

Figura N° 46. Accidentes de Tránsito por Clase (tipo)..... 227

Figura N° 47. Accidentes de Tránsito por Causa..... 228

Figura N° 48. Distribución de Vehículos Participantes en Accidentes de Tránsito..... 229

Figura N° 49. Accidentes por incidencia diaria 229

Figura N° 50. Perfil Longitudinal y Diagrama de Curvas 230

Figura N° 51. Longitud de Curvas en Relación a la Longitud Total 231

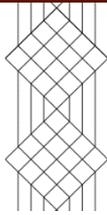
Figura N° 52. Crecimiento del IMDA en el Periodo 2000 - 2017 232

Figura N° 53. Clasificación Vehicular, año 2017 233

Figura N° 54. Tipo de Superficie y Estado de Transitabilidad de la Vía..... 234

Figura N° 55. Accidentes Predichos, Esperados y Observados en los Años de Análisis. 238

Figura N° 56. Accidentes esperados en condiciones actuales vs 2do análisis 239



ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación N° 1. Ecuación del Índice de Peligrosidad.....	39
Ecuación N° 2. Ecuación del Índice de Accidentalidad.....	39
Ecuación N° 3. Frecuencia Promedio de Accidentes Predichos	42
Ecuación N° 4. Función de Desempeño de Seguridad para Segmento de Carretera	43
Ecuación N° 5. Parámetro de Sobredispersión (k).....	44
Ecuación N° 6. FMA_1 – Factor de Modificación de Accidentes por Ancho de Carril ..	45
Ecuación N° 7. FMA_2 – Factor de Modificación de Accidentes por Ancho y Tipo de Berma.....	46
Ecuación N° 8. FMA_3 – Factor de Modificación de Accidentes por Longitud y Radio de Curva.....	49
Ecuación N° 9. FMA_4 – Factor de Modificación de Accidentes por Peralte	50
Ecuación N° 10. FMA_6 – Factor de Modificación de Accidentes por Densidad de Accesos	51
Ecuación N° 11. FMA_9 – Factor de Modificación de Accidentes por Carril de giro a la izquierda.....	52
Ecuación N° 12. Estimación de Accidentes Relacionados con Aceras	52
Ecuación N° 13. FMA_{10} – Factor de Modificación de Accidentes por Índice de Peligrosidad	53
Ecuación N° 14. FMA_{11} – Factor de Modificación de Accidentes por Iluminación	53
Ecuación N° 15. Factor de Calibración (C)	55
Ecuación N° 16. Ajuste por peso de Bayes (w)	56
Ecuación N° 17. Frecuencia de choques esperados	57
Ecuación N° 18. Exceso de Frecuencia de Choques Esperado	57
Ecuación N° 19. Accidentes totales esperados	61
Ecuación N° 20. Promedio de accidentes esperados en el periodo de estudio	62

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

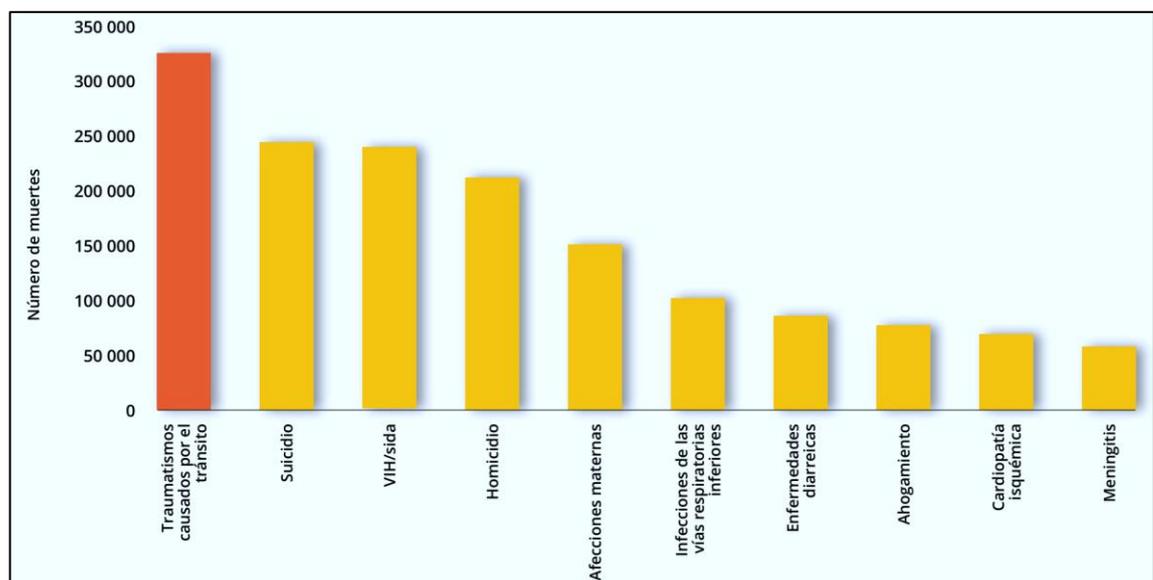
1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

1.1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

De acuerdo a estadísticas procesadas por el INEI, en la región del Cusco entre el año 2011 y el año 2015, se han denunciado 14 595 accidentes de tránsito no fatales y 1 214 víctimas resultado de accidentes fatales. Las carreteras nacionales son parte del escenario de estos accidentes, incrementado el índice de los mismos, año a año, probablemente debido al aumento del flujo vehicular, el deficiente diseño geométrico, el deterioro y falta de mantenimiento de las vías y el acelerado crecimiento demográfico de las áreas adyacentes a las vías. El tramo Av. Antonio Lorena - Poroy de la carretera PE-3S, no está exenta de estos cambios, observándose cómo los accidentes de tránsito han estado incrementando en esta vía de acceso a la ciudad del Cusco.

Los accidentes de tránsito son un problema sanitario global reconocido, los recursos para enfrentarlos muchas veces son escasos y hay poco conocimiento en la estimación de la seguridad vial. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) en el año 2012 las muertes por traumatismos causadas por el tránsito significó la principal causa de muerte en la población de entre 15 y 29 años.

Figura N° 1. Las 10 causas principales de muerte en personas de 15 a 29 años, 2012



Fuente: (OMS, 2015)



1.1.2.2 FORMULACIÓN DE LOS PROBLEMAS ESPECÍFICOS

Problema Específico N° 1. ¿Las características geométricas influyen en la mayor generación de accidentes de tránsito en la carretera nacional PE-3S, tramo Av. Antonio Lorena - Poroy según la metodología de Inspección de Seguridad Vial y el Manual HSM?

Problema Específico N° 2. ¿El IMDA influye en la mayor generación de accidentes de tránsito en la carretera nacional PE-3S, tramo Av. Antonio Lorena - Poroy según la metodología de Inspección de Seguridad Vial y el Manual HSM?

Problema Específico N° 3. ¿Los dispositivos de control de tránsito influyen en la mayor generación de accidentes de tránsito en la carretera nacional PE-3S, tramo Av. Antonio Lorena - Poroy según la metodología de Inspección de Seguridad Vial y el Manual HSM?

Problema Específico N° 4. ¿Las propuestas de mejora de las características geométricas reducirán su influencia en la mayor generación de accidentes de tránsito en la carretera nacional PE-3S tramo Av. Antonio Lorena - Poroy, aplicando los Factores de Modificación de Accidentes (FMAs) del Manual HSM?

Problema Específico N° 5. ¿Las propuestas de mejora en los dispositivos de control de tránsito reducirán su influencia en la mayor generación de accidentes de tránsito en la carretera nacional PE-3S tramo Av. Antonio Lorena - Poroy, aplicando los Factores de Modificación de Accidentes (FMAs) del manual HSM?

1.2 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA

El estudio que se llevó a cabo permitió identificar cuáles son los factores que inciden en la generación de accidentes viales en la carretera nacional PE-3S, en el tramo Av. Antonio Lorena - Poroy, analizando la geometría de la vía, el flujo vehicular (IMDA) y los dispositivos de control de tránsito utilizando la Metodología de Inspección de Seguridad Vial (ISV) y el Método Predictivo del Manual HSM; dando como resultado propuestas de mejora que seguirán un segundo análisis con el Manual HSM, para determinar si reducen la influencia de los factores antes mencionados en la generación de accidentes de tránsito, siguiendo el flujograma mostrado en la Figura N° 16, logrando una comparación del escenario actual y de otro con la hipotética aplicación de las mejoras.



1.2.2 JUSTIFICACIÓN SOCIAL

Los beneficios de esta investigación hacia la sociedad se basan en la identificación de las zonas que representan mayor riesgo de accidentabilidad y proponiendo medidas que mejoren la seguridad vial sustentadas técnicamente y que podrían ser aplicadas por las autoridades competentes, cuyo fin será de reducir la generación de accidentes de tránsito en los puntos identificados y por tanto mejorar la seguridad vial de los usuarios.

Asimismo, el resultado de esta investigación será un texto que afianzara las capacidades técnicas de los estudiantes de ingeniería civil, tras adquirir el conocimiento para realizar un inventario vial, Check List, los cuales son utilizados en la Metodología de Inspección de Seguridad Vial y el Método Predictivo del Highway Safety Manual (HSM).

1.2.3 JUSTIFICACIÓN POR VIABILIDAD

La presente investigación es viable por los siguientes motivos:

- Los datos que requieren la Metodología de Inspección de Seguridad Vial y el Método planteado por el Highway Safety Manual (HSM), para obtener resultados, pueden ser recopilados con los diferentes instrumentos de ingeniería, y son accesibles.
- Se cuenta con la referencia metodológica para ambos procedimientos para poder seguir correctamente los lineamientos planteados.
- Es viable económicamente por que los gastos que implique la investigación pueden ser asumidos.

1.2.4 JUSTIFICACIÓN POR RELEVANCIA

La siguiente investigación es relevante porque permitirá determinar los factores que ocasionan accidentes de tránsito y con ello se podrá formular propuestas de mejora que puedan ser aplicadas en el tramo de estudio Av. Antonio Lorena – Poroy mediante un sistema de gestión y control de accidentes de tránsito con la finalidad de mejorar la seguridad vial.

Los resultados de esta investigación podrán ser utilizados para la elaboración de proyectos de mejoramiento de la infraestructura vial para el tramo de estudio.



1.3 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 LIMITACIONES DE ESPACIO

- El emplazamiento de la investigación está limitada entre el Km 954+000 y 967+100 de la carretera nacional PE-3S; para realizar esta investigación este tramo es denominado Av. Antonio Lorena – Poroy.
- Las jurisdicciones policiales implicadas en la zona de estudio pertenecen a las Comisarías de Santiago, Zarzuela, Independencia y Poroy.

1.3.2 LIMITACIONES DE TIEMPO

- La recopilación del registro de accidentes de tránsito se limita entre los años 2012 y 2016.
- El aforo vehicular (IMDA) se realizó en el mes de marzo del año 2017 en la estación de aforo E-075 – Poroy.
- Las evaluaciones pertinentes se limitan a un periodo de 5 años, entre 2012 y 2016.

1.3.3 LIMITACIONES DE DATOS

- El registro de accidentes contempla únicamente aquellos accidentes reportados a la Policía Nacional del Perú de las comisarías de Santiago, Zarzuela, Independencia y Poroy.

1.3.4 LIMITACIONES DE BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

- Del Highway Safety Manual (HSM), se utilizó únicamente la parte “C” Capítulo 10: Método Predictivo Para Caminos Rurales Bidireccionales de dos Carriles”; dado que es la sección del HSM que más se ajusta a las condiciones de la vía.
- Para la Inspección de Seguridad Vial (ISV), se utilizó como bibliografía base el Manual de Seguridad Vial – 2016, del Ministerio de Transportes del Perú y la Guía para realizar Auditorías en Seguridad Vial del Consejo Nacional de Seguridad de Tránsito de Chile; asimismo para las evaluaciones en la inspección de seguridad se utilizó el Manual de Diseño Geométrico DG-2014 y normativas vigentes.



1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la influencia, en la generación de accidentes de tránsito, de las características geométricas, IMDA y dispositivos de control de tránsito según la metodología de Inspección de Seguridad Vial y el manual HSM en la carretera nacional PE-3S, tramo Av. Antonio Lorena - Poroy y proponer mejoras que reduzcan su influencia.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Objetivo Específico N° 1. Determinar la influencia de las características geométricas en la generación de accidentes de tránsito en la carretera nacional PE-3S, tramo Av. Antonio Lorena - Poroy según la metodología de Inspección de Seguridad Vial y el Manual HSM.

Objetivo Específico N° 2. Determinar la influencia del IMDA en la generación de accidentes de tránsito en la carretera nacional PE-3S, tramo Av. Antonio Lorena - Poroy según la metodología de inspección de seguridad vial y el manual HSM.

Objetivo Específico N° 3. Determinar la influencia de los dispositivos de control de tránsito en la generación de accidentes de tránsito en la carretera nacional PE-3S, tramo Av. Antonio Lorena - Poroy según la metodología de inspección de seguridad vial y el manual HSM.

Objetivo Específico N° 4. Proponer mejoras que reduzcan la influencia de las características geométricas en la generación de accidentes de tránsito en la carretera nacional PE-3S, tramo Av. Antonio Lorena – Poroy aplicando los Factores de Modificación de Accidentes (FMAs) del manual HSM.

Objetivo Específico N° 5. Proponer mejoras que reduzcan la influencia de los dispositivos de control de tránsito en la generación de accidentes de tránsito en la carretera nacional PE-3S, tramo Av. Antonio Lorena - Poroy aplicando los FMAs del manual HSM.



1.5 HIPÓTESIS

1.5.1 HIPÓTESIS

Las características geométricas, IMDA y dispositivos de control de tránsito influyen en la mayor generación de accidentes de tránsito en la carretera nacional PE-3S, tramo Av. Antonio Lorena - Poroy según la metodología de Inspección de Seguridad Vial y el manual HSM.

1.5.2 SUB – HIPÓTESIS

Sub-Hipótesis N° 1. Las características geométricas influyen en la mayor generación de accidentes de tránsito en la carretera nacional PE-3S, tramo Av. Antonio Lorena - Poroy según la metodología de Inspección de Seguridad Vial y el manual HSM.

Sub-Hipótesis N° 2. El IMDA influye en la mayor generación de accidentes de tránsito en la carretera nacional PE-3S, tramo Av. Antonio Lorena - Poroy según la metodología de Inspección de Seguridad Vial y el manual HSM.

Sub-Hipótesis N° 3. Los dispositivos de control de tránsito influyen en la mayor generación de accidentes de tránsito en la carretera nacional PE-3S, tramo Av. Antonio Lorena - Poroy según la metodología de Inspección de Seguridad Vial y el manual HSM.

Sub-Hipótesis N° 4. Las propuestas de mejora sobre las características geométricas aplicando los FMAs del manual HSM reducirán su influencia en la mayor generación de accidentes de tránsito en la carretera nacional PE-3S, tramo Av. Antonio Lorena – Poroy.

Sub-Hipótesis N° 5. Las propuestas de mejora sobre los dispositivos control de control de tránsito aplicando los FMAs del manual HSM reducirán su influencia en la mayor generación de accidentes de tránsito en la carretera nacional PE-3S, tramo Av. Antonio Lorena - Poroy.



1.6 DEFINICIÓN DE VARIABLES

1.6.1 VARIABLES INDEPENDIENTES

1.6.1.1 DEFINICIÓN DE VARIABLES INDEPENDIENTES

X1. Características Geométricas

X2. Índice Medio Diario Anual (IMDA)

X3. Dispositivos de Control de Tránsito

X4. Factores de Modificación de Accidentes (FMAs)

1.6.1.2 INDICADORES DE VARIABLES INDEPENDIENTES

X1. Características Geométricas: Ancho de carril y berma, longitud de tramo, elementos del diseño geométrico horizontal y vertical.

X2. Índice Medio Diario Anual (IMDA): Volumen promedio de tránsito de vehículos.

X3. Dispositivos de Control de Tránsito: Separador central, señales de tránsito horizontales y verticales, marcas en el pavimento, controladores de velocidad.

X4. Factores de Modificación de Accidentes (FMAs): FMA₁: Ancho de carril, FMA₂: Ancho y Tipo de Berma; FMA₃: Longitud de Curva Horizontal; FMA₄: Peralte de Curva Horizontal; FMA₅: Pendiente Longitudinal; FMA₆: Densidad de Accesos; FMA₇: Banda Sonora en el Separador Central; FMA₈: Carril de paso; FMA₉: Carril de Giro a la Izquierda; FMA₁₀: Diseño de Carretera; FMA₁₁: Iluminación; FMA₁₂: Regulación Automatizada de Velocidad.

1.6.2 VARIABLES DEPENDIENTES

1.6.2.1 DEFINICIÓN DE VARIABLES DEPENDIENTES

Y1. Accidentes de tránsito.

1.6.2.2 INDICADORES DE VARIABLES DEPENDIENTES

Y1. Accidentes de tránsito: Accidentes de Tránsito ocurridos (observados) y Accidentes de tránsito predichos.



1.6.3 CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla N° 1. Cuadro de Operacionalización de Variables.

CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES					
DENOMINACIÓN	DESCRIPCIÓN	NIVEL	INDICADOR	UNIDAD	INSTRUMENTO
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS	Características de la vía que han sido diseñadas siguiendo una normativa referente a sus dimensiones y propiedades no relacionadas con la parte estructural	Cuantitativo	Ancho de carril	Metro	GPS (navegador), Wincha Software de procesamiento (AutoCAD Civil 3D®)
			Longitud de la vía	Kilómetro	
			Ancho de la berma	Metro	
			Curvatura horizontal	Metro	
			Peralte	Metro/Metro	
			Pendiente Longitudinal	Porcentaje	
			Carriles de Sobrepasso	Número	
			Carriles de giro a la izquierda	Número	
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.	Cuantitativo	Volumen promedio de tránsito de vehículos para un periodo anual	Vehículo/día	Guías de observación (conteo vehicular)
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.	Cuantitativo	Separador central	Número	Guías de observación
			Señales verticales y horizontales	Número	Wincha
			Iluminación	Número	Guía de observación
			Resalte y semáforos	Número	Guías de observación
FACTORES DE MODIFICACIÓN DE ACCIDENTES (FMAs)	Los FMAs representan el cambio relativo en la frecuencia de accidentes debido a la variación de una condición dada.	Cuantitativo	Ancho de carril	Pie	Guías de observación (conteos vehiculares, registro de accidentes de tránsito) GPS (navegador), Wincha Software de procesamiento (AutoCAD Civil 3D®)
		Cualitativo	Ancho de la berma	Pie	
		Cuantitativo	Tipo de la berma	Material	
			Curvatura horizontal	Pie	
			Peralte	pie/pie	
			Pendiente Longitudinal	Porcentaje	
Carriles de Sobrepasso	Número				
Carriles de giro a la izquierda	Número				
ACCIDENTES DE TRÁNSITO	Cantidad y tipo de accidentes de tránsito que implique a uno, dos o más vehículos suscitados o predichos en la vía	Cuantitativo	Cantidad de accidentes de tránsito	Número	Guía de observación (registro de accidentes de tránsito)
		Cualitativo	Tipo de accidente de tránsito	Tipo	

Fuente: Elaboración propia



1.6.4 MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tabla N° 2. Matriz de Consistencia.

MATRIZ DE CONSISTENCIA					
ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA EN LA CARRETERA NACIONAL PE-3S TRAMO AV. ANTONIO LORENA - POROY, APLICANDO LA METODOLOGÍA DE INSPECCIÓN DE SEGURIDAD VIAL Y EL MANUAL HSM					
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES INDEPENDIENTES y DEPENDIENTES	INDICADOR	INSTRUMENTOS
PG1. ¿LAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS, IMDA Y DISPOSITIVOS DE CONTROL DE TRÁNSITO INFLUYEN EN LA MAYOR GENERACIÓN DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO SEGÚN LA METODOLOGÍA DE INSPECCIÓN DE SEGURIDAD VIAL Y EL MANUAL HSM EN LA CARRETERA NACIONAL PE-3S, TRAMO AV. ANTONIO LORENA - POROY?	OG1. DETERMINAR LA INFLUENCIA EN LA GENERACIÓN DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS, IMDA Y DISPOSITIVOS DE CONTROL DE TRÁNSITO SEGÚN LA METODOLOGÍA DE INSPECCIÓN DE SEGURIDAD VIAL Y EL MANUAL HSM EN LA CARRETERA NACIONAL PE-3S, TRAMO AV. ANTONIO LORENA - POROY Y PROPONER MEJORAS QUE REDUZCAN SU INFLUENCIA.	HG1. LAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS, IMDA Y DISPOSITIVOS DE CONTROL DE TRÁNSITO INFLUYEN EN LA MAYOR GENERACIÓN DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO EN LA CARRETERA NACIONAL PE-3S, TRAMO AV. ANTONIO LORENA - POROY SEGÚN LA METODOLOGÍA DE INSPECCIÓN DE SEGURIDAD VIAL Y EL MANUAL HSM	VARIABLES INDEPENDIENTES X1: Características Geométricas X2: Índice Medio Diario Anual (IMDA) X3: Dispositivos de control de tránsito X4: Factores de Modificación de Accidentes (FMAs) VARIABLES DEPENDIENTES Y1: Accidentes de tránsito	X1: Ancho de carril, ancho de berma, curvatura horizontal y vertical, peralte, pendiente longitudinal. X2: Volumen promedio de tránsito de vehículos para un periodo anual X3: Separador central, señales horizontales y verticales, controladores de velocidad y flujo (resaltos, semáforos). X4: Ancho de carril, ancho y tipo de berma, curvatura horizontal, peralte, pendiente, carriles de sobrepaso, carriles de giro a la izquierda, iluminación, regulación de velocidad Y1: Número y tipos de accidentes ocurridos y predichos	Guías de observación (conteos vehiculares, registro de accidentes de tránsito) GPS (navegador), Wincha Software de procesamiento (AutoCAD Civil 3D®)
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	SUB-HIPÓTESIS	CORRELACIÓN DE	INDICADORES	INSTRUMENTOS
PE1. ¿LAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS INFLUYEN EN LA MAYOR GENERACIÓN DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO EN LA CARRETERA NACIONAL PE-3S, TRAMO AV. ANTONIO LORENA - POROY SEGÚN LA METODOLOGÍA DE INSPECCIÓN DE SEGURIDAD VIAL Y EL MANUAL HSM?	OE1. DETERMINAR LA INFLUENCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS EN LA GENERACIÓN DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO EN LA CARRETERA NACIONAL PE-3S, TRAMO AV. ANTONIO LORENA - POROY SEGÚN LA METODOLOGÍA DE INSPECCIÓN DE SEGURIDAD VIAL Y EL MANUAL HSM	SH1. LAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS INFLUYEN EN LA MAYOR GENERACIÓN DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO EN LA CARRETERA NACIONAL PE-3S, TRAMO AV. ANTONIO LORENA - POROY SEGÚN LA METODOLOGÍA DE INSPECCIÓN DE SEGURIDAD VIAL Y EL MANUAL HSM	X1: Características Geométricas Y1: Accidentes de tránsito	X1: Ancho de carril, ancho de berma, curvatura horizontal y vertical, peralte, pendiente longitudinal. Y1: Número y tipos de accidentes ocurridos y predichos	Guías de observación (conteos vehiculares, registro de accidentes de tránsito) Software de procesamiento (AutoCAD Civil 3D®)
PE2. ¿EL IMDA INFLUYE EN LA MAYOR GENERACIÓN DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO EN LA CARRETERA NACIONAL PE-3S, TRAMO AV. ANTONIO LORENA - POROY SEGÚN LA METODOLOGÍA DE INSPECCIÓN DE SEGURIDAD VIAL Y EL MANUAL HSM?	OE2. DETERMINAR LA INFLUENCIA DEL IMDA EN LA GENERACIÓN DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO EN LA CARRETERA NACIONAL PE-3S, TRAMO AV. ANTONIO LORENA - POROY SEGÚN LA METODOLOGÍA DE INSPECCIÓN DE SEGURIDAD VIAL Y EL MANUAL HSM	SH2. EL IMDA INFLUYE EN LA MAYOR GENERACIÓN DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO EN LA CARRETERA NACIONAL PE-3S, TRAMO AV. ANTONIO LORENA - POROY SEGÚN LA METODOLOGÍA DE INSPECCIÓN DE SEGURIDAD VIAL Y EL MANUAL HSM	X2: Índice Medio Diario Anual (IMDA) Y1: Accidentes de tránsito	X2: Volumen promedio de tránsito de vehículos para un periodo anual Y1: Número y tipos de accidentes ocurridos y predichos	Guías de observación (conteos vehiculares, registro de accidentes de tránsito)
PE3. ¿LOS DISPOSITIVOS DE CONTROL DE TRÁNSITO INFLUYEN EN LA MAYOR GENERACIÓN DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO EN LA CARRETERA NACIONAL PE-3S, TRAMO AV. ANTONIO LORENA - POROY SEGÚN LA METODOLOGÍA DE INSPECCIÓN DE SEGURIDAD VIAL Y EL MANUAL HSM?	OE3. DETERMINAR LA INFLUENCIA DE LOS DISPOSITIVOS DE CONTROL DE TRÁNSITO EN LA GENERACIÓN DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO EN LA CARRETERA NACIONAL PE-3S, TRAMO AV. ANTONIO LORENA - POROY SEGÚN LA METODOLOGÍA DE INSPECCIÓN DE SEGURIDAD VIAL Y EL MANUAL HSM	SH3. LOS DISPOSITIVOS DE CONTROL DE TRÁNSITO INFLUYEN EN LA MAYOR GENERACIÓN DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO EN LA CARRETERA NACIONAL PE-3S, TRAMO AV. ANTONIO LORENA - POROY SEGÚN LA METODOLOGÍA DE INSPECCIÓN DE SEGURIDAD VIAL Y EL MANUAL HSM	X3: Dispositivos de control de tránsito Y1: Accidentes de tránsito	X3: Separador central, señales horizontales y verticales, controladores de velocidad y flujo (resaltos, semáforos). Y1: Número y tipos de accidentes ocurridos y predichos	Guías de observación (conteos vehiculares, registro de accidentes de tránsito)
PE4. ¿LAS PROPUESTAS DE MEJORA DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS REDUCIRÁN SU INFLUENCIA EN LA GENERACIÓN DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO EN LA CARRETERA NACIONAL PE-3S TRAMO AV. ANTONIO LORENA - POROY, APLICANDO LOS FMAs DEL MANUAL HSM?	OE4. PROPONER MEJORAS QUE REDUZCAN LA INFLUENCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS EN LA GENERACIÓN DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO EN LA CARRETERA NACIONAL PE-3S, TRAMO AV. ANTONIO LORENA - POROY, APLICANDO LOS FMAs DEL MANUAL HSM	SH4. LAS PROPUESTAS DE MEJORA SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS APLICANDO LOS FMAs DEL MANUAL HSM REDUCIRÁN SU INFLUENCIA EN LA MAYOR GENERACIÓN DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO EN LA CARRETERA NACIONAL PE-3S, TRAMO AV. ANTONIO LORENA - POROY	X1: Características Geométricas X4: Factores de Modificación de Accidentes (FMAs) Y1: Accidentes de tránsito	X1: Ancho de carril, ancho de berma, curvatura horizontal y vertical, peralte, pendiente longitudinal. X4: Ancho de carril, ancho y tipo de berma, curvatura horizontal, peralte, pendiente, carriles de sobrepaso, carriles de giro a la izquierda, iluminación, regulación de velocidad Y1: Número y tipos de accidentes ocurridos y predichos	Guías de observación (conteos vehiculares, registro de accidentes de tránsito) Software de procesamiento (AutoCAD Civil 3D®)
PE5. ¿LAS PROPUESTAS DE MEJORA EN LOS DISPOSITIVOS DE CONTROL DE TRÁNSITO REDUCIRÁN SU INFLUENCIA EN LA GENERACIÓN DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO EN LA CARRETERA NACIONAL PE-3S TRAMO AV. ANTONIO LORENA - POROY, APLICANDO LOS FMAs DEL MANUAL HSM?	OE5. PROPONER MEJORAS QUE REDUZCAN LA INFLUENCIA DE LOS DISPOSITIVOS DE CONTROL DE TRÁNSITO EN LA GENERACIÓN DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO EN LA CARRETERA NACIONAL PE-3S, TRAMO AV. ANTONIO LORENA - POROY APLICANDO LOS FMAs DEL MANUAL HSM	SH5. LAS PROPUESTAS DE MEJORA SOBRE LOS DISPOSITIVOS DE CONTROL DE TRÁNSITO APLICANDO LOS FMAs DEL MANUAL HSM REDUCIRÁN SU INFLUENCIA EN LA MAYOR GENERACIÓN DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO EN LA CARRETERA NACIONAL PE-3S, TRAMO AV. ANTONIO LORENA - POROY	X3: Dispositivos de control de tránsito X4: Factores de Modificación de Accidentes (FMAs) Y1: Accidentes de tránsito	X3: Separador central, señales horizontales y verticales, controladores de velocidad y flujo (resaltos, semáforos). X4: Ancho de carril, ancho y tipo de berma, curvatura horizontal, peralte, pendiente, carriles de sobrepaso, carriles de giro a la izquierda, iluminación, regulación de velocidad Y1: Número y tipos de accidentes ocurridos y predichos	Guías de observación (conteos vehiculares, registro de accidentes de tránsito) Software de procesamiento (AutoCAD Civil 3D®)

Fuente: Elaboración propia



CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

2.1.1 ANTECEDENTES A NIVEL LOCAL

(Canaza Cabrera, 2016); en su trabajo de investigación: *“Propuesta de alternativas de mejoramiento en la carretera Cusco – Puno tramo Cusco-Urcos aplicando la metodología de Inspección de Seguridad y Predicción de Accidentes Vial según el HSM”*; en una longitud de 34 Km divididos en 36 tramos, donde se analizó los accidentes viales registrados en los años 2010, 2011, 2012, 2013 y 2015, además de las condiciones geométricas de la vía, realizando una evaluación de tramos de concentración de accidentes de tránsito (TCAs).

Conclusiones: De este trabajo de investigación se concluye que las características geométricas y el IMDA de la carretera inciden en la generación de accidentes viales y de forma parcial los dispositivos de control de tránsito; por lo tanto, es necesario aplicar medidas que reduzca el índice de accidentabilidad hallado.

2.1.2 ANTECEDENTES A NIVEL NACIONAL

(Torres Calderón & Aranda Jiménez, 2015), realizaron un estudio titulado: *“Inspecciones de Seguridad Vial”*, donde se busca profundizar sobre el tema de las Auditorías e Inspecciones de Seguridad Vial (ASV/ISV) como medidas preventivas para mejorar el desempeño y uso de las vías.

Muestran además casos de estudio en dos vías rurales y dos vías urbanas en la provincia de Lima, donde se concluyó que la influencia humana es un factor determinante y el entorno de la vía no representa un factor de gran magnitud, pero no debe ser despreciado.

(CPS Ingenieros, 2014), en su *“Informe de Inspección de Seguridad Vial Carretera Cusco-Puno con código PE 3S Tramo Urcos-Juliaca”*. (Perú), aplicada a un tramo de 296 Km durante un periodo de estudio comprendido entre los años 2011 y 2014, donde se revisó el desempeño de la seguridad vial sobre la infraestructura vial del tramo mencionado, con fines de identificar las zonas de riesgo y TCAs, a fin de proponer medidas de reducción de riesgos en la vía.



En el trabajo de auditoria se han definido Tramo de Concentración de Accidentes como aquel tramo de vía de 1 Km de longitud en el que durante un periodo de 3 años se ha registrado 3 o más accidentes con víctimas y además su índice de peligrosidad o el de mortalidad sea igual o superior a dos veces el índice medio de peligrosidad o de mortalidad de los tramos pertenecientes a su misma categoría. Además, se determinó que el factor humano interviene en más del 98% de los accidentes en los que se puede identificar alguno de los otros factores; el factor de infraestructura interviene en menos de un 5% y el factor vehículo es casi inexistente.

Conclusiones: Concluye además que las soluciones técnicas propuestas en los TCAs están relacionadas principalmente con el refuerzo de la señalización y el balizamiento, el despeje de márgenes, la colocación de barrera metálica y la adecuación de intersecciones y paraderos de bus.

(Consortio Seguridad Vial: TRANSIS - HBC, 2014), en su informe de la “*Inspección de Seguridad Vial Carretera Puno – Arequipa con código PE 34^a, tramo Juliaca – Arequipa*”, en una longitud de 254 Km, donde se identificaron 9 tramos de concentración de accidentes (TCAs), que acumulan el 26% del total de accidentes de la carretera, cuyas principal causa de accidentalidad es el exceso de velocidad con un 33.2%, siendo los vehículos más siniestrados las camionetas y semi-trayler con más de un 50%, además 20% de los accidentados fallecieron en el siniestro.

Mediante una matriz de priorización, se plantean soluciones como la instalación de barrera de contención, instalación de delineadores de curva, instalación de cartel de curva peligrosa, instalación de mallado protector de talud y otras obras, que buscan reducir el índice de accidentabilidad en la vía.

2.1.3 ANTECEDENTES A NIVEL INTERNACIONAL

En el trabajo de (Berardo, 2015), cuyo título “*Aplicación del Modelo Predictivo de Accidentes Viales del HSM (2010) en Camino Rural de dos Carriles en Brasil*” se hace un análisis aplicando el Método Predictivo del HSM en la carretera BR-393 en Brasil, en un tramo de carretera indiviso comprendido entre el acceso a tres ríos y la intersección con la carretera BR-492. De lo cual se puede extraer que “...el factor de calibración obtenido indicaría que la ecuación del HSM subestima la frecuencia de accidentes en la ruta. Sin embargo, para que esta calibración sea más certera, debería cumplirse



estrictamente la premisa respecto de la cantidad mínima de accidentes observados por año en los sitios de calibración”.

Así mismo hace una recopilación de otros trabajos del cual destaca el de (Martinelli, La Torre, & Vadi, 2009), donde calibraron el modelo de predicción de accidentes del HSM en la provincia italiana de Arezzo, en 938 km de carretera indivisa, separada en 8379 secciones y con datos de accidentes de 3 años, que sumaban 402; con un promedio de 0.05 accidentes por sección, lo que llevo a obtener un factor de calibración de 0.17.

Conclusiones: Con ello los autores concluyen que es necesario la calibración del modelo para evitar el exceso de predicción en el modelo base; también se puede destacar la conclusión que indica que la aplicación de una media ponderada de los accidentes sobre la longitud de un segmento funciona mejor que la utilización de la relación de densidades o accidentes en términos absolutos.

2.2 ASPECTOS TEÓRICOS PERTINENTES

2.2.1 ACCIDENTES DE TRÁNSITO

“Evento súbito, imprevisto y violento en el que participa un vehículo automotor en marcha o en reposo (detenido o estacionado) en la vía de uso público, causando daño a las personas, sean ocupantes o terceros no ocupantes del vehículo automotor, que pueda ser determinado de una manera cierta.” (MTC: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2002)

“Es un percance vial que se presenta súbita e inesperadamente, determinado por condiciones y actos irresponsables potencialmente previsibles, atribuidos a factores humanos, vehículos preponderantemente automotores, condiciones climatológicas, señalización y caminos, los cuales ocasionan pérdidas prematuras de vidas humanas y/o lesiones, así como secuelas físicas o psicológicas, perjuicios materiales y daños a terceros. (INEGI, 2017)

2.2.1.1 CLASIFICACIÓN DE LOS ACCIDENTES DE TRÁNSITO

Las siguientes definiciones son obtenidas del Glosario de términos para Accidentes de tránsito terrestre en zonas urbanas y suburbanas del Instituto Nacional de Estadística y Geografía – México (INEGI, 2017)

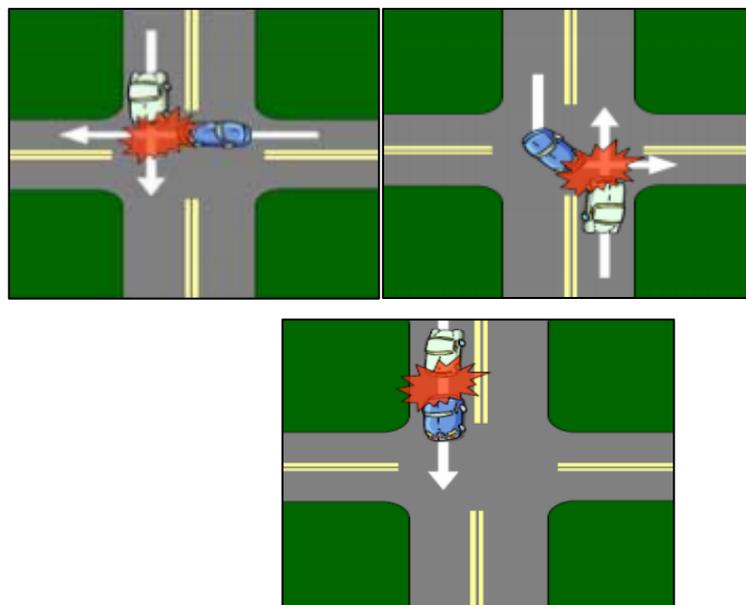
2.2.1.1.1 Accidentes de Tránsito por su Gravedad

- **Accidente Fatal.** Considérese el percance vial en el que resultan pérdidas de vidas humanas (muertos), puede haber heridos y consecuentemente daños materiales, estos pueden ser a la propiedad del estado y/o particular.
- **Accidente No Fatal.** Comprende el accidente de tránsito en el que no se presenta pérdida de vidas humanas, pero si lesionados (heridos) y daños materiales.
- **Accidente con Solo Daños.** Considérese el evento vial en el que no hubo muertos y heridos sólo daños materiales a vehículos y/o propiedades del estado, tales como postes, guarniciones, señalizaciones, etc., así como a propiedades de particulares.

2.2.1.1.2 Accidentes de Tránsito por su Tipo

- **Colisión con vehículo automotor.** Encuentro violento, accidental o imprevisto de dos o más vehículos en una vía de circulación, del cual resultan averías, daños, pérdida parcial o total de vehículos o propiedades, así como lesiones leves y/o fatales a personas. Puede ser lateral, frontal o por alcance.

Figura N° 3. Diferentes Formas de Colisión



De izquierda a derecha: Colisión frontal, colisión lateral y colisión por alcance.

Fuente: (Verdecia Soto, 2000)

- **Colisión con peatón (Atropello).** Evento vial donde un vehículo de motor arrolla o golpea a una persona que transita o que se encuentra en alguna vía pública, provocando lesiones leves o fatales.

Figura N° 4. Atropellamiento



Fuente: (Verdecia Soto, 2000)

- **Colisión con animal.** Es aquel accidente en el que un vehículo de motor arrolla a cualquier tipo de animal provocando daños materiales, inclusive lesiones leves o fatales a personas ocupantes o no del vehículo.
- **Colisión con objeto fijo.** Encuentro violento de un vehículo de motor con cualquier tipo de objeto, que por sus características se encuentre sujeto al piso o asentado en él, tales como postes, guarniciones, señales de tránsito, árboles, contenedores de basura, etc. También se incluye en este tipo de colisión, el percance de un automotor en movimiento contra otro estacionado.
- **Volcadura.** Es el tipo de accidente que debido a las circunstancias que lo originan, provocan que el vehículo pierda su posición normal, incluso dé una o varias volteretas.
- **Caída de pasajero.** Accidente donde una o más personas que viajan en el vehículo, (excluyendo al conductor), caen fuera del mismo. No se considera este tipo de accidente si la caída fue por consecuencia de otro tipo de accidente.
- **Salida del camino (Despiste).** Evento en donde el vehículo, por causas circunstanciales, abandona de manera violenta e imprevista la vía de circulación por la cual transita. Incluso si por la acción del vehículo cae a una zanja, cuneta, barranca, etc.

- **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.
- **Colisión con ciclista.** Hecho en el cual un vehículo automotor de cualquier tipo, arrolla a un ciclista sobre la vía de circulación o en un cruce vial.

2.2.1.2 ACCIDENTALIDAD EN EL PERÚ

De acuerdo a los datos proporcionados por la Policía Nacional del Perú y analizados por el Ministerio de Salud, la tendencia del número de accidentes de tránsito, se está incrementando a nivel nacional. En el año 2002 se produjeron 74 221 accidentes de tránsito en comparación con el año 2012 en el que ocurrieron 94 972 lo que representa un incremento de 27% de los accidentes en el periodo analizado. (MINSAL, 2013)

Figura N° 5. Muertes por cada 10 000 vehículos y por cada 1 000 accidentes, 2002 - 2012

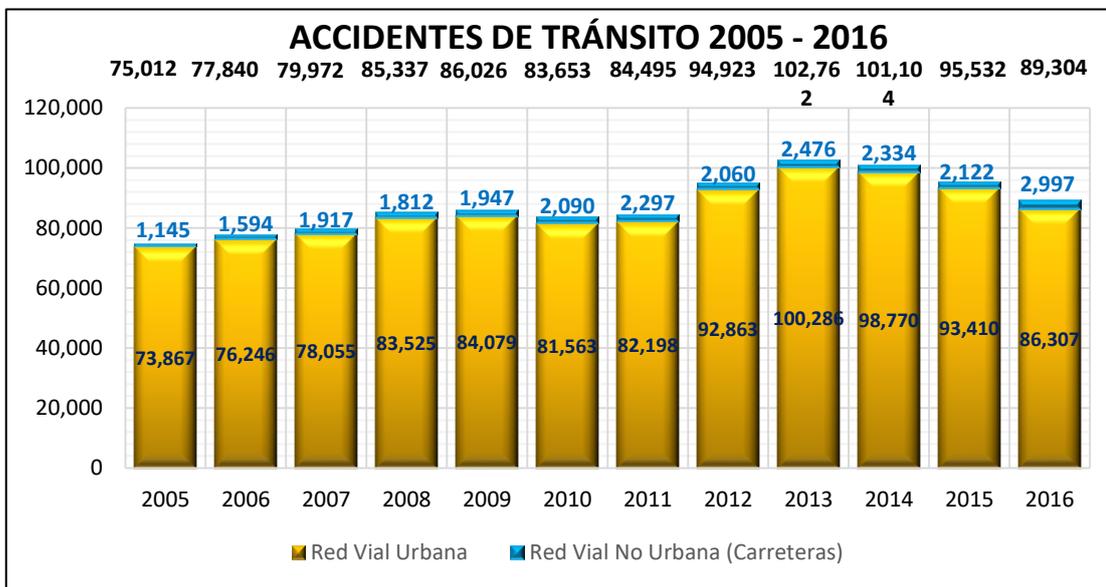
Tasa de accidentes Perú 2002 - 2012						
Años	Parque automotor	Total accidentes	Accidentes por 10 000 veh.	Total muertes	Muertos por cada 1 000 accidentes	Muertes por 10 000 veh.
2002	1 252 006	74 221	593	2929	39	23
2003	1 342 288	74 612	556	2956	40	22
2004	1 361 403	74 672	548	3166	42	23
2005	1 440 017	75 012	521	3302	44	23
2006	1 473 530	77 840	528	3481	45	24
2007	1 434 303	79 972	521	3510	44	23
2008	1 640 970	85 337	520	3489	41	21
2009	1 732 834	86 026	496	3243	38	19
2010	1 849 690	83 653	452	2856	34	15
2011	1 979 865	84 495	427	3531	42	18
2012	2 137 837	94 972	444	3310	35	15

Fuente: SUNARP, Policía Nacional del Perú, 2012

Una de las principales variables relacionadas a la ocurrencia de accidentes de tránsito es el tamaño del parque automotor. Podemos observar en la tabla anterior que se ha incrementado el número de vehículos en la última década, sin embargo, la tasa de mortalidad por 1 000 accidentes muestra una tendencia homogénea. (MINSAL, 2013)

Como recoge la Policía Nacional del Perú mediante su Dirección de estadística, en el periodo entre el 2005 y el 2016, el número de accidentes de tránsito tiene una tendencia de crecimiento diferenciada.

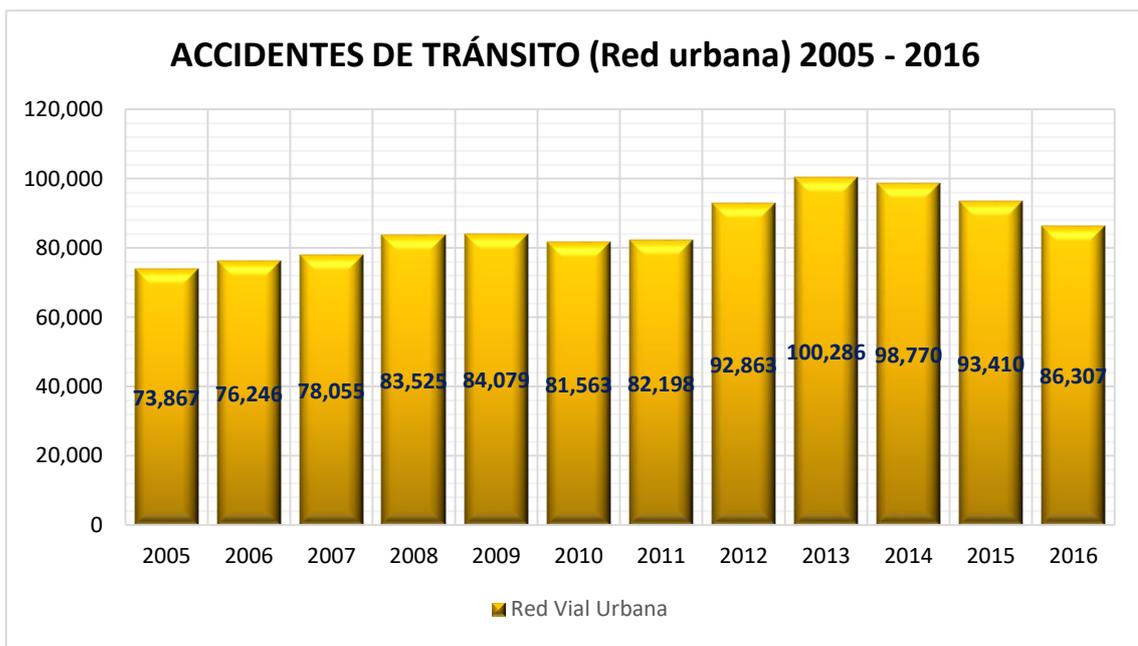
Figura N° 6. Accidentes de Tránsito en el Perú, 2005 – 2016



Fuente: Policía Nacional del Perú – Dirección de Estadística, 2016

En la red urbana la tendencia del número de accidentes se mantiene diferenciada, con una disminución del número de accidentes entre el año 2013 y 2016.

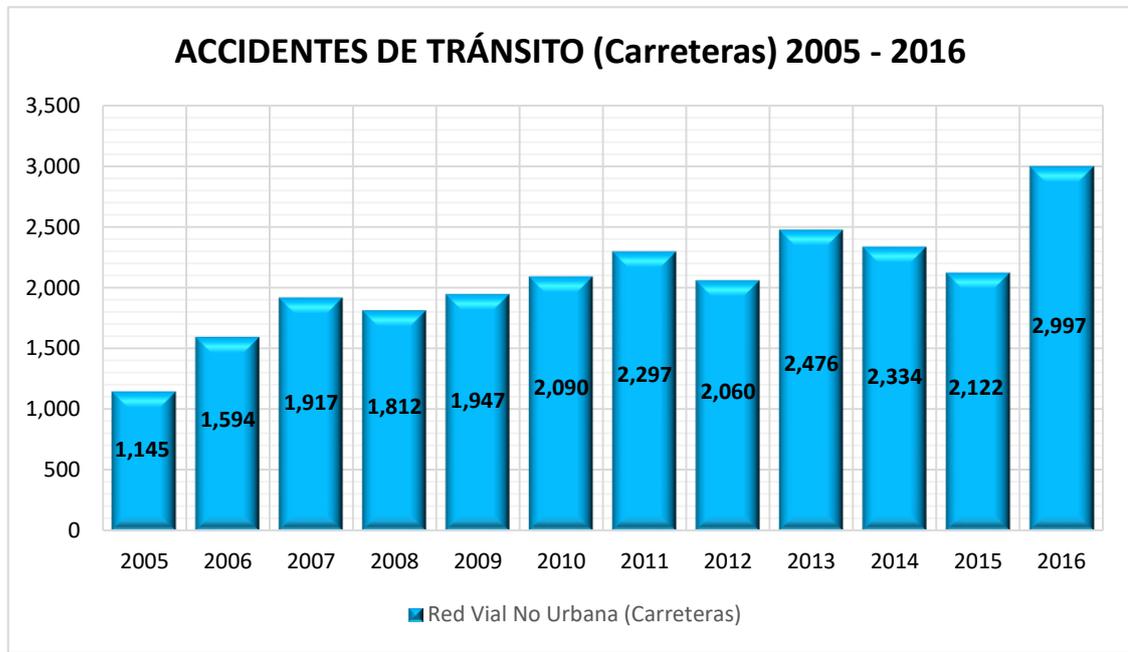
Figura N° 7. Accidentes de Tránsito en el Perú (Red Urbana), 2005 - 2016



Fuente: Policía Nacional del Perú – Dirección de Estadística, 2016

En cambio el número de accidentes en la red de carreteras se ha incrementado desde al año 2005, lo que significa una tendencia creciente.

Figura N° 8. Accidentes de Tránsito en el Perú (Carreteras), 2005 - 2016



Fuente: Policía Nacional del Perú – Dirección de Estadística, 2016

2.2.2 SEGURIDAD VIAL

2.2.2.1 DEFINICIÓN DE SEGURIDAD

“La seguridad es un estado donde los peligros y las condiciones que pueden provocar daños de orden físico, psicológico o material, están controlados para preservar la salud y el bienestar de los individuos y la comunidad. Es un recurso indispensable para la vida cotidiana, que permite al individuo y a la comunidad realizar sus aspiraciones”. (Seguridad y promoción de la seguridad: Aspectos conceptuales y operacionales, 1998, pág. 9)

“El concepto seguridad, en el sentido más amplio del término, hace referencia a la ausencia de riesgos o amenazas, tanto en el campo de los asuntos internacionales como en el ámbito individual de las personas físicas. Así pues, la seguridad concierne a Estados, gobiernos e individuos. Es un término que ha sufrido transformaciones y ha tenido distintas concepciones a lo largo de la historia, debido a los cambios políticos, económicos y sociales a nivel global.” (Pérez Ventura, 2015)



2.2.2.2 DEFINICIÓN DE SEGURIDAD VIAL

El Ministerio de Transportes del Perú, define seguridad vial como: “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.” (MSV - 2016).

Se puede adoptar también como: “...la disciplina que estudia y aplica las acciones y mecanismos tendientes a garantizar el buen funcionamiento de la circulación en la vía pública, previniendo los accidentes de tránsito.” (Manual del Conductor - Costa Rica, 2001, pág. 5)

Por lo tanto de forma resumida: “La seguridad vial consiste en la prevención de siniestros de tránsito o la minimización de sus efectos” (CORESEVI, 2012)

El concepto de seguridad vial según (Mesa, 2007) se caracteriza por su universalidad y decidido enfoque hacia la perfección. Dentro de los objetivos específicos y generales de la seguridad vial se encuentran:

Objetivos Generales:

- Evitar la ocurrencia de accidentes.
- En caso de producirse, reducir la severidad en las víctimas, los efectos en la vía y el vehículo.

Objetivos Específicos:

- Reducir muertes y lesiones.
- Evitar la ruptura del servicio.
- Maximizar la capacidad y rentabilidad.
- Aumentar la seguridad.



2.2.2.3 SEGURIDAD VIAL NOMINAL Y SUSTANTIVA

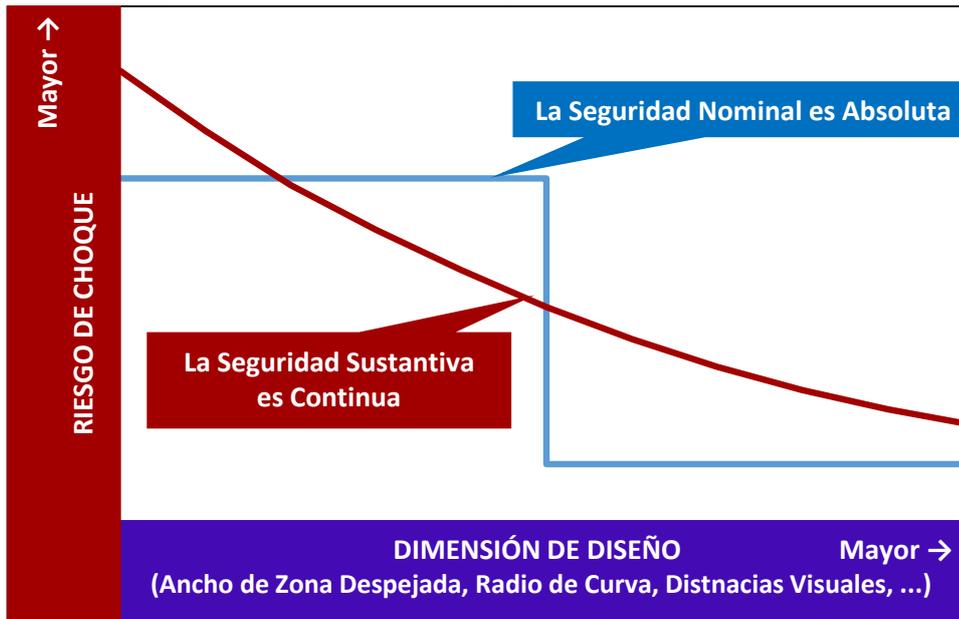
La seguridad nominal “...se refiere al grado de adhesión de un proyecto a los criterios, guías, recomendaciones y normas establecidas por el organismo vial.” (Sierra, Berardo, Fissore, & Outes, 2010)

“Dada por los criterios y preceptos recogidos en las normas y recomendaciones de diseño, donde aparecen determinados parámetros que se interpretan erróneamente como umbrales de la seguridad. Los valores de las normas no son la frontera entre lo seguro y lo inseguro. Por tanto, cumplir con la seguridad nominal no es garantía de que el diseño sea seguro. En ella se sigue cobijando una mal entendida y utilizada seguridad legal, que deja en el ámbito exclusivo del conductor la responsabilidad de la accidentalidad, debida a un camino con defectos. El cumplimiento de determinados preceptos legales no tiene por qué garantizar ningún nivel concreto de seguridad vial, ya que muchos de ellos se establecieron para limitar las repercusiones económicas, o para responsabilizar exclusivamente a los conductores de los accidentes en que se vean involucrados, aunque el camino tenga defectos asociados con un riesgo no perceptible o insuperable por ellos.” (Sierra, Berardo, & Fissiore, 2013)

La seguridad sustantiva es independiente del observador y determina los niveles de seguridad real o prevista a largo plazo de un camino con específicas condiciones de emplazamiento, geométricas y operacionales, según lo mide la frecuencia anual de accidentes por Km, y las consecuencias de los accidentes según cual fuere el número de muertos, el número y gravedad de los heridos, el valor de los daños materiales. (Sierra, Berardo, Fissore, & Outes, 2010)

La seguridad sustantiva “estima los resultados que un determinado diseño o mejoramiento del camino pueda tener en la siniestralidad futura. Para ello se precisan métodos para predecir la frecuencia futura de los choques y sus consecuencias, según las condiciones o parámetros incorporados al diseño. Es necesario basarse en hechos y no en conjeturas, fundamentarse en conocimientos obtenidos de la investigación y no en juicios sin sustento. En los últimos años se desarrollaron métodos y herramientas que permiten poner en práctica el nuevo conocimiento fruto de la investigación científica, para que el ingeniero pueda verificar sus diseños desde una seguridad sustantiva, cuantificable, contrastable y comparable. (Sierra, Berardo, & Fissiore, 2013).

Figura N° 9. Desarrollo de la Seguridad Nominal y Sustantiva



Fuente: (Sierra, Berardo, & Fissiore, 2013)

Para reformar la manera en que se maneja la seguridad nominal, el paradigma de diseño defectuoso tiene que ser reemplazado por uno nuevo, y se debe incorporar una genuina información de seguridad en las normas de diseño de autopistas. El concepto de seguridad sustantiva se mide por la frecuencia de choque esperada y la gravedad.

Por extraño que parezca, la seguridad sustantiva es un nuevo concepto que se introducirá en el proceso de diseño de carreteras. La introducción de una seguridad sustantiva en el diseño de las carreteras requiere tres elementos de acción: que se conozca sobre la relación entre las decisiones de seguridad y de diseño mediante una síntesis autorizada y periódicamente reeditada, que los que firmen documentos de diseño sean certificados para dominar los conocimientos actualmente disponibles; se debe proporcionar orientación política a los diseñadores sobre el nivel de seguridad para diseñar en carreteras. (Hauer, 1999)

2.2.2.4 MEDIDAS DE SEGURIDAD VIAL

El (Centro Zaragoza, 2009) y (Vecino Manibardo, 2008), explica los siguientes sistemas de medidas de seguridad vial:



2.2.2.4.1 Seguridad Primaria (o Activa)

Por seguridad primaria se entienden todas aquellas características de un vehículo y las medidas de asistencia al conductor que ayudan a evitar los accidentes.

A. Seguridad vial activa para el vehículo.

Serán todos aquellos elementos mecánicos de los que dispone el vehículo en sus variados sistemas de seguridad, que accionados individual o conjuntamente, responden a la voluntad del conductor de evitar el accidente de tráfico. Por ello, la Seguridad Vial Activa de los vehículos, son los que siguen, manteniéndolos en condiciones óptimas de uso:

- Frenos (por supuesto también el sistema ABS).
- Alumbrado.
- Neumáticos.
- Dirección asistida.
- ESP (control electrónico de estabilidad), y otros.
- Avisadores de cambio de carril (en algunos modelos).
- Espejos retrovisores y de visión angular. Etc.

B. Seguridad vial activa para la vía.

Por sus características, serán todos aquellos elementos que por criterios de construcción y seguridad se incorporen a la vía para evitar situaciones accidentales, tales como:

- Bandas sonoras.
- Pasos de peatones elevados.
- Peraltes de las curvas.
- Distintos tipos de aglomerado, asfalto, etc.
- Señalización adecuada. Etc.



2.2.2.4.2 Seguridad Secundaria (o Pasiva)

La seguridad secundaria abarca todas las medidas de construcción que contribuyen a mitigar las consecuencias sobre los ocupantes de un accidente (cinturón de seguridad, airbags, etc.)

A. Seguridad vial pasiva de los vehículos.

Estará integrada por todos aquellos elementos que nos proporcionan protección física durante y después del accidente, destacándose significativamente los siguientes:

- Cinturón de seguridad, reposacabezas, airbag.
- SRI (Sistemas de Retención Infantil).
- Paragolpes, y especialmente los diseñados recientemente para minimizar daños a los peatones atropellados.
- Deformación controlada de habitáculo y carrocería (barras laterales, antivuelco, etc.).
- Formas redondeadas de las carrocerías (evitando aristas).
- Acolchamientos interiores del habitáculo; etc.

B. Seguridad vial pasiva de la vía.

Los principales, son:

- Dobles bandas.
- Pistas auxiliares de frenado.
- Muros especiales de impacto. Etc.

2.2.2.4.3 Seguridad Terciaria

La seguridad terciaria se encarga de minimizar las consecuencias negativas de un accidente después de que éste se haya producido; por ejemplo, realizando una llamada automática a un centro de emergencia. Medidas destinadas a evitar las consecuencias mayores cuando han ocurrido los accidentes.

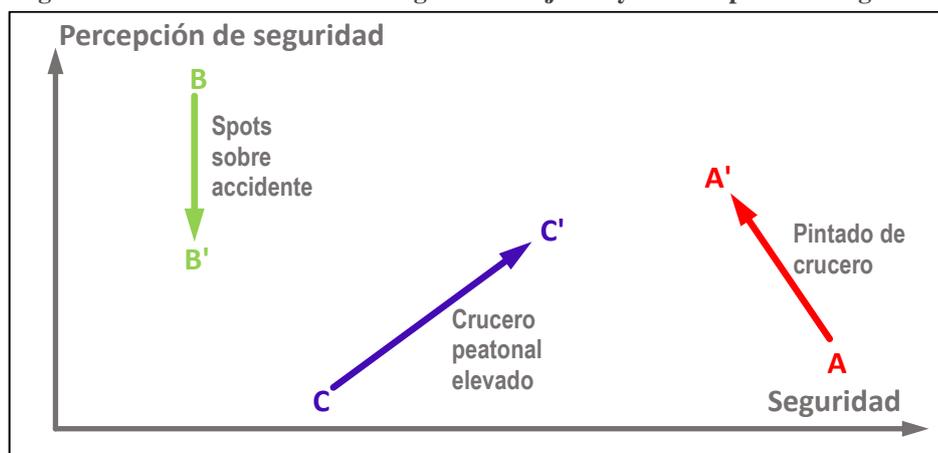
2.2.2.5 PERCEPCIÓN DE LA SEGURIDAD

“Si las personas subestiman el riesgo, es decir, si perciben menos riesgo del que realmente existe, esto puede contribuir, por un lado, a un aumento en la cantidad de accidentes y, por otro lado, a no valorar las inversiones o proyectos destinados a mejorar la seguridad vial.” (Elvik & Bjornskau, 2005)

“La evaluación de la seguridad objetiva (nominal) y la seguridad subjetiva se debe hacer pensando en el tipo de usuario, debido a que es necesario garantizar la movilidad de todos los usuarios y no solo pensar en un usuario promedio.” (Dextre Quijandría, Seguridad Vial: La Necesidad de un Nuevo Marco Teórico, 2010)

Lo ideal es que las medidas de seguridad vial tengan un efecto positivo, tanto en la seguridad real como en la percepción de seguridad. Por ejemplo, la implementación de un cruceo elevado mejora la percepción de seguridad de los peatones y, al reducir la velocidad de los conductores, también mejora la seguridad sustantiva. (*ibíd.*)

Figura N° 10. Relación Entre la Seguridad Objetiva y la Percepción de Seguridad



Fuente: (Hauer, 1999)

2.2.2.6 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA SEGURIDAD VIAL

La seguridad vial y su eficiencia está dada por la participación armónica de los elementos fundamentales del tránsito: los usuarios, los vehículos y las carreteras. (CORESEVI, 2012)

Estudios demuestran que existen tres principales factores: factor humano, factor del entorno de la vía y factor vehicular, que usualmente combinados en una cadena de eventos contribuyen a la ocurrencia de accidentes de tránsito. (AUSTROADS, 2002)



2.2.2.6.1 Factor Humano

Entendiéndose por estos a los conductores, peatones y pasajeros. Deben tener un conocimiento claro de las disposiciones legales locales que rigen el tránsito y obsérvelas plenamente. Los conductores en forma especial deben tener los conocimientos, educación, habilidades, capacidades y destrezas que, unidas a una salud física y mental adecuada, aporten acciones seguras en sus conductas. (CORESEVI, 2012)

El conductor al ser el usuario principal en un sistema de tránsito, afecta directamente la seguridad de una vía. El grado de peligro que éste pueda causar dependerá de factores como la experiencia, el estado de ánimo, el cansancio u agotamiento, la edad, el sexo y otros sentidos indispensables para maniobrar el vehículo ante cualquier situación inesperada. Otros factores como la ingesta de alcohol, excesiva velocidad, imprudencia del conductor o peatón, el uso de celular, etc. son comúnmente identificados como causas de accidentes de tránsito con consecuencias fatales y por ello, son solo controlables mediante normas o reglas de tránsito. (AUSTROADS, 2002)

2.2.2.6.2 Factor de la Vía - Entorno

El entorno de la vía y los aspectos que influyen directamente en éste tales como la falta de mantenimiento, el tipo de pavimentación, el trazo de la vía, el mal tiempo y las deficiencias en la señalización pertenecen al segundo grupo de factores que más generan accidentes de tránsito.

A este tipo de factores son a los que una Auditoría de Seguridad Vial (ASV) o Inspección de Seguridad Vial (ISV), se enfoca en disminuir pues ambas buscan mejorar la seguridad de la vía sin influir directamente en los usuarios mediante normas o reglas. (AUSTROADS, 2002)

Las vías deben operar en buen estado y correctamente señalizadas, en conformidad a la demanda que debe satisfacer. (CORESEVI, 2012)

El factor vía es también conocido como factor infraestructura, y para conocer las posibles causas de los accidentes, una de las principales recomendaciones consiste en realizar un análisis de los lugares de alta concentración de accidentes; por un lado, a partir de causas expuestas en los expedientes policiales y, por otro, mediante observaciones y mediciones

in-situ, dentro de las cuales entran los estudios de conflictos de tránsito. (Dextre Quijandría, 2010)

2.2.2.6.3 Factor Vehicular

Deben cumplir con las normas técnicas y legales pertinentes, encontrándose en buen estado de funcionamiento, producto de una mantención y recuperación oportuna, conforme a sus correspondientes características. (CORESEVI, 2012)

El tipo de vehículo o condición del mismo en las vías. En este grupo se incluyen fallas mecánicas, neumáticos reventados, falta del mantenimiento del vehículo, cambios estructurales en el vehículo (timón cambiado o modificación de tamaño de cabina), vehículos con caga extra, etc. Todo factor por menos influyente que sea, no es despreciable. (AUSTROADS, 2002)

2.2.2.6.4 Matriz de Haddon

El Dr. William Haddon Jr., médico de la Escuela de Medicina de Harvard e ingeniero del Massachusetts Institute of Technology (MIT), en 1980, para fines de trabajar la seguridad de una forma sistemática, propone el uso de una matriz bidimensional, la cual permite identificar los factores de riesgo antes del choque, durante el choque y después del choque, en relación con la persona, el vehículo y el entorno (Bermudez, 2008)

Tabla N° 3. Matriz de Haddon

FASE		FACTORES		
		HUMANO	VEHÍCULO	ENTORNO
Antes del choque	Prevención de los choques	Información Actitudes Aplicación de la ley	Sistemas de seguridad activa Control de la velocidad	Diseño y trazado de la vía Límites de velocidad Señalización
Choque	Prevención de traumatismos durante el choque	Uso de dispositivos de seguridad Disminución de las facultades	Sistemas de seguridad pasiva Contención de la carga	Elementos protectores a los lados del camino
Después del choque	Preservación de la vida	Nociones de primeros auxilios Acceso a la atención medica	Facilidad de acceso Integridad del sistema de combustible	Equipamientos de socorro Atención pre-hospitalaria

Fuente: (Organización Panamericana de la Salud, 2008)



2.2.2.7 CONSIDERACIONES GENERALES DE SEGURIDAD VIAL

2.2.2.7.1 Diseño Geométrico

“Las tasas de accidentes son influenciadas por la existencia de curvas verticales u horizontales, o por una combinación de ambas.” (CONASET, 2003)

a. Diseño Geométrico Horizontal

El diseño geométrico en planta o alineamiento horizontal, está constituido por alineamientos rectos, curvas circulares y de grado de curvatura variable, que permiten una transición suave al pasar de alineamientos rectos a curvas circulares o viceversa o también entre dos curvas circulares de curvatura diferente. (DG-2014, pág. 134)

Curvas horizontales: Por lo general la tasa de accidentes es inversamente proporcional al radio de curvatura, el efecto puede ser significativo en carreteras donde el radio de curvatura es menor a 430 m. (CONASET, 2003)

b. Diseño Geométrico Vertical

El diseño geométrico en perfil o alineamiento vertical, está constituido por una serie de rectas entrelazadas por curvas verticales parabólicas, a los cuales dichas rectas son tangentes; en cuyo desarrollo, el sentido de las pendientes se define según el avance del kilometraje, en positivas, aquellas que implican un aumento de cotas y negativas las que producen una disminución de cotas. (DG-2014, pág. 188)

Curvas verticales: Las tasas de accidentes tienden a ser mayores en las partes más altas o más bajas de una curva vertical. (CONASET, 2003)

Las combinaciones de curvas verticales y horizontales, que pueden inducir a errores en la percepción visual de los conductores, deben ser evitadas. Es así como los accidentes tienden a aumentar cuando una curva horizontal coincide con los puntos altos o bajos de una curva vertical. (CONASET, 2003)

c. Sección Transversal

El diseño geométrico de la sección transversal, consiste en la descripción de los elementos de la carretera en un plano de corte vertical normal al alineamiento horizontal, el cual



permite definir la disposición y dimensiones de dichos elementos, en el punto correspondiente a cada sección y su relación con el terreno natural. (DG-2014, pág. 204)

En zonas de concentración de personas, comercio y/o tránsito de vehículos menores, maquinaria agrícola, animales y otros, la sección transversal debe ser proyectada de tal forma que constituye una solución de carácter integral a tales situaciones extraordinarias, y así posibilitar, que el tránsito por la carretera se desarrolle con seguridad vial. (*ibíd.*, pág. 204)

Para el CONASET (2003); la interacción entre los elementos de la sección transversal y el flujo vehicular son complejas por lo que existen recomendaciones para su diseño:

- Se aumenta la seguridad al considerar un ancho mínimo de 3.65 m por carril.
- Las bermas contribuyen a la seguridad en vías rurales. Sin embargo, si estas son muy angostas o muy anchas, sobre 3 m, se asocian con incrementos en la tasa de accidentes.
- La provisión de un separador central para generar dos sentidos de tránsito con calzadas independientes contribuye a una reducción de la tasa de accidentes.
- Proveer aceras o veredas peatonales para proteger a los peatones de la circulación de vehículos.

d. Diseño de Intersecciones

La solución de una intersección vial depende de una serie de factores asociados fundamentalmente a la topografía, las particularidades geométricas de las vías que se cruzan, la capacidad de las vías y las características del flujo vehicular. Como generalmente existen varias soluciones, deben evaluarse alternativas y seleccionar la más conveniente. (DG-2014, pág. 238)

El CONASET (2003); recomienda minimizar el número de intersecciones, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Minimizar el número de potenciales puntos de conflictos en intersecciones.
- Asegurar buena visibilidad.



- Evitar problemas de percepción.
- Considerar adecuadamente el viraje de los vehículos.
- Habilitar cruces de calzada seguros.

e. Control de Accesos.

“Cuando se genera un desarrollo urbano al borde de la vía, y se puede acceder directamente en distintos puntos a ella, el índice de accidentes normalmente aumenta hasta en 20 veces en relación a una vía que cuenta con calle de servicios o con accesos bien definidos y controlados.” (The Institution of Highways and Transportation, 1990)

Para el CONASET (2003); en el control de accesos, se debe considerar lo siguiente:

- Evitar accesos directos y frontales de vías nuevas que se conectan con vías de mayor jerarquía.
- Reducir al máximo posible el número de accesos a la vía. Los antecedentes internacionales dan cuenta que, para cada acceso adicional, por kilómetro en vías rurales, los accidentes pueden aumentar, en promedio, hasta un 7%.
- Evitar ubicar los accesos en lugares cercanos a curvas sean horizontales o verticales.

2.2.2.7.2 Superficie de Rodadura

Las probabilidades de accidentes disminuyen cuando se cuenta con una superficie con buena adherencia. (CONASET, 2003)

a. Textura de la Superficie de Rodado

La textura influye directamente en la capacidad del pavimento para evacuar el agua de la interface neumático pavimento y en el valor del coeficiente de rozamiento del pavimento, para la adecuada adherencia entre neumático y pavimento. (CONASET, 2003)

b. Uniformidad y Perfil

El perfil transversal debe ser revisado periódicamente ya que pueden presentar irregularidades por la deformación producida por la circulación de vehículos pesados,

abrasión por los neumáticos de tracción, o pistas estrechas en las cuales los neumáticos de los vehículos tienden a seguir la misma trayectoria o rastro. (CONASET, 2003)

2.2.2.7.3 Dispositivos de Control de Tránsito

Se denominan dispositivos para el control del tránsito a las señales, marcas, semáforos y cualquier otro dispositivo, que se colocan sobre o adyacente a las calles y carreteras por una autoridad pública, para prevenir, regular y guiar a los usuarios de las mismas. Los dispositivos de control indican a los usuarios las precauciones (prevenciones) que deben tener en cuenta, las limitaciones (restricciones) que gobiernan el tramo en circulación y las informaciones (guías) estrictamente necesarias, dadas las condiciones específicas de la calle o carretera. (Cal y Mayor R. & Cárdenas Grisales, 1994)

a. Señales Verticales

Las señales verticales son dispositivos instalados al costado o sobre el camino, y tienen por finalidad, reglamentar el tránsito, prevenir e informar a los usuarios mediante palabras o símbolos. (MTC, 2016)

b. Marcas en el Pavimento o Demarcaciones (Señalización Horizontal)

Las Marcas en el Pavimento o Demarcaciones, constituyen la señalización horizontal y está conformada por marcas planas en el pavimento, tales como líneas horizontales y transversales, flechas, símbolos y letras, que se aplican o adhieren sobre el pavimento, sardineles, otras estructuras de la vía y zonas adyacentes. (MTC, 2016)

Forma parte de esta señalización, los dispositivos elevados que se colocan sobre la superficie de rodadura, también denominadas marcas elevadas en el pavimento, con el fin de regular, canalizar el tránsito o indicar restricciones. (*ibíd.*)

El uso de señalización horizontal y de delineadores permite, una reducción en el número y la severidad de los accidentes, a un bajo costo. (CONASET, 2003)

c. Semáforos

Son dispositivos de control del tránsito que tienen por finalidad regular y controlar el tránsito vehicular motorizado y no motorizado, y peatonal, a través de las indicaciones de luces de color rojo, verde y amarillo o ámbar. (MTC, 2016)



2.2.2.7.4 Gestión de Tránsito

a. Límites de Velocidad y Control de Velocidad

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. (CONASET, 2003)

b. Regulación de Intersecciones

Para el CONASET (2003); el control de la prioridad de las intersecciones se puede materializar a través de señales “Ceda el Paso” o “Pare”, o construir “Rotondas” o instalar “Semáforos”. El no señalar adecuadamente una intersección, con señalización vertical y horizontal, puede inducir a confusión entre los usuarios.

- La regulación “CEDA EL PASO” es apropiada en intersecciones de vías donde existe una buena visibilidad.
- La regulación “PARE” se debe utilizar sólo donde la distancia de visibilidad se encuentra restringida.

c. Cruces Peatonales

En zonas con grandes flujos peatonales, deben emplazarse facilidades peatonales explícitas, de otro modo el riesgo para los peatones es muy alto. (CONASET, 2003)

d. 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. (CONASET, 2003)

e. Estacionamientos en la Calzada

Para el CONASET (2003); los vehículos estacionados en la calzada afectan la seguridad de dos maneras:



Por riesgos de colisión entre vehículos que circulan por la vía y los que maniobran para estacionarse y por la disminución de visibilidad entre peatones y conductores.

2.2.2.7.5 Mobiliario Vial

“El mobiliario vial 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.” (CONASET, 2003)

a. Iluminación de la Vía

Tener toda la red vial iluminada sería óptimo para lograr una buena visibilidad nocturna. De todos modos, la iluminación debe ser tal que la superficie de rodado se encuentre uniformemente iluminada de modo que los vehículos, ciclistas, peatones y objetos sean vistos. La localización de los postes de iluminación no debe crear peligros innecesarios. (CONASET, 2003)

b. Pantalla Anti-Deslumbramiento

En vías no iluminadas, la luz de los focos delanteros de un vehículo puede encandilar a los conductores que vienen en sentido contrario. Esto puede ser contrarrestado con la utilización de pantallas, en la línea que divide las calzadas con sentido de tránsito opuesto. (CONASET, 2003)

c. Islas de Tránsito

Una isla de tránsito puede ser de gran utilidad para mejorar la seguridad de una vía tanto a automovilistas como peatones. (CONASET, 2003)

d. Barreras de Seguridad

Las barreras de seguridad deben ser lo suficientemente resistentes para evitar que el vehículo las traspase, sin embargo, su diseño no debe causar daño a los vehículos y sus ocupantes. (CONASET, 2003)

e. Vallas Peatonales

El objetivo de la valla peatonal, utilizada en áreas urbanas, es segregar al peatón del vehículo, y no el detener a un vehículo errante. (CONASET, 2003)



f. Amortiguadores de Impacto y Otros Dispositivos Protectores

Si no existen posibilidades de remover algún obstáculo rígido al borde o al centro de la calzada debe considerarse algún dispositivo para protegerlo y disminuir las consecuencias de un posible impacto de los vehículos. Para este propósito existen los amortiguadores de impacto y los terminales de barrera. (CONASET, 2003)

g. Obstáculos Visuales

En la medida que sea posible, se debería asegurar que elementos tales como, cámaras de inspección, controladores de semáforos, teléfonos de emergencia, paletas publicitarias, paraderos, quioscos etc., no afecten la visibilidad de los conductores especialmente en intersecciones, o en cruces peatonales. Se sugiere que estos aparatos se ubiquen en las aceras o detrás de ellas, o detrás de defensas camineras adecuadas. (CONASET, 2003)

2.2.2.7.6 Usuarios de la Vía

En el contexto del diseño vial, el término “factor humano” implica la consideración de los usuarios de la vía. Se recomienda al analizar la seguridad de una vía, es estudiar el tipo de usuario que circula o circulará por ella. (CONASET, 2003)

2.2.2.7.7 Vehículos en la Vía

Según (CONASET, 2003), la composición del flujo vehicular es un factor que debe ser tomado en cuenta. Por su importancia se debe analizar el impacto que producen los vehículos pesados, estos afectan la circulación por dos razones:

- Al ser de mayor tamaño ocupan mayor espacio vial.
- Tienen capacidades operativas más limitadas.

2.2.2.7.8 Trabajos y Mantenimiento de Vías

Asimismo (CONASET, 2003) nos indica que los trabajos en la vía deben ser considerados como zonas de accidentes. Por ello, deben tratarse con especial atención las especificaciones que tienen relación con la señalización y localización de equipamiento de apoyo.



2.2.3 METODOLOGÍA DE INSPECCIÓN DE SEGURIDAD VIAL

2.2.3.1 DEFINICIONES

2.2.3.1.1 Inspección de Seguridad Vial (ISV)

Es un proceso sistemático de revisión in situ de una carretera en servicio, con el fin de identificar aspectos peligrosos, deficiencias o carencias de la carretera susceptibles de desencadenar un siniestro, para que se adopten las medidas más adecuadas con el objetivo de eliminar o paliar estos problemas. (MTC, 2016)

El objetivo principal de las inspecciones de seguridad vial consiste en una revisión completa de la Red para detectar los elementos de las carreteras en servicio que, por alguna de sus características o por su interrelación con los usuarios o con el entorno de la vía, podrían relacionarse con la seguridad vial. (COPV - España, 2010)

Las Inspecciones de Seguridad Vial (ISV), surgen de la necesidad de re-evaluar tramos de carreteras donde existen grandes riesgos de accidentes de tránsito y de esta manera proponer medidas que logren disminuir su severidad y en el mejor de los casos, prevenirlos. (Dextre Quijandría, Pirota, Tabasso, Bermúdez, & García, 2008)

2.2.3.1.2 Auditoría de Seguridad Vial (ASV)

La Auditoría de Seguridad Vial es un proceso sistemático para verificar la seguridad de nuevos esquemas en carreteras. Debe basarse en principios de seguridad sólidos y debe asegurarse de que todos los planes de autopistas funcionen de forma segura como sea posible minimizando el número y gravedad de los accidentes en el futuro. (Proctor, Belcher, & Cook, 2003, pág. 1)

Una auditoría de seguridad vial es una evaluación formal de un futuro proyecto de carretera o una carretera existente, en la que un equipo independiente y calificado informa sobre el potencial de accidente del proyecto y el comportamiento de seguridad vial. (AUSTROADS, 2002)

Confundir ASVs con el control de calidad del diseño es la interpretación errónea más común del papel y la naturaleza de una ASV. El cumplimiento de las normas de diseño, no necesariamente da como resultado un diseño de carretera óptimamente seguro y, por



el contrario, el incumplimiento de las normas no resulta necesariamente en un diseño inaceptable desde el punto de vista de la seguridad. (FHWA, 2006, pág. 1)

2.2.3.1.3 Diferencia entre ASV e ISV

Las ASV se diferencian de las Inspecciones de Seguridad Vial (ISV) debido a que es necesaria que sean solicitadas por la autoridad competente y, además existan las normas para su ejecución. Si el proceso no es solicitado por la autoridad competente, o la autoridad competente quiere hacer una evaluación sin que exista una norma que rija su ejecución, entonces se le denomina Inspección de Seguridad Vial. (Dextre Quijandría, Pirola, Tabasso, Bermúdez, & García, 2008)

Las ISV son una aplicación de las Auditorías de Seguridad Vial, ya que mientras las ASV son procesos formales y se aplican en diferentes etapas del proyecto, las ISV no poseen tal formalidad y se realizan en tramos ya construidos y en operación. (*ibíd.*)

Las ASV son realizadas a infraestructura que está aún por implementarse, por construir o que está en proceso de construcción. Por su parte, las ISV se asocian a la revisión de elementos ya existentes. (MTC, 2016)

2.2.3.2 ASPECTOS PRINCIPALES A CONSIDERAR AL APLICAR ISV

Jacobo Días Pineda, Presidente del Instituto Vial Ibero-americano (2008), presenta algunos aspectos que es fundamental analizar en una ISV; cada emplazamiento concreto puede requerir un análisis más exhaustivo.

a. Caracterización del tráfico

- Intensidad media diaria
- Tráfico de vehículos pesados
- Otros tráficos: peatones, ciclistas, motociclistas, vehículos agrícolas, etcétera.

b. Caracterización de la accidentalidad

- Revisión de la accidentalidad en la vía
- Tipología y ubicación de accidentes más recurrentes

c. Caracterización geométrica de la carretera

- Trazado horizontal y vertical
- Sección transversal
- Márgenes de la vía
- Equipamiento:
 - Señalización vertical
 - Marcas viales
 - Elementos de balizamiento (sistemas de contención)
 - Iluminación, etcétera.
- Puntos singulares: intersecciones, accesos, pasos a nivel, etc.

Figura N° 11. Aspectos a Considerar en una Inspección de Seguridad Vial (ISV)

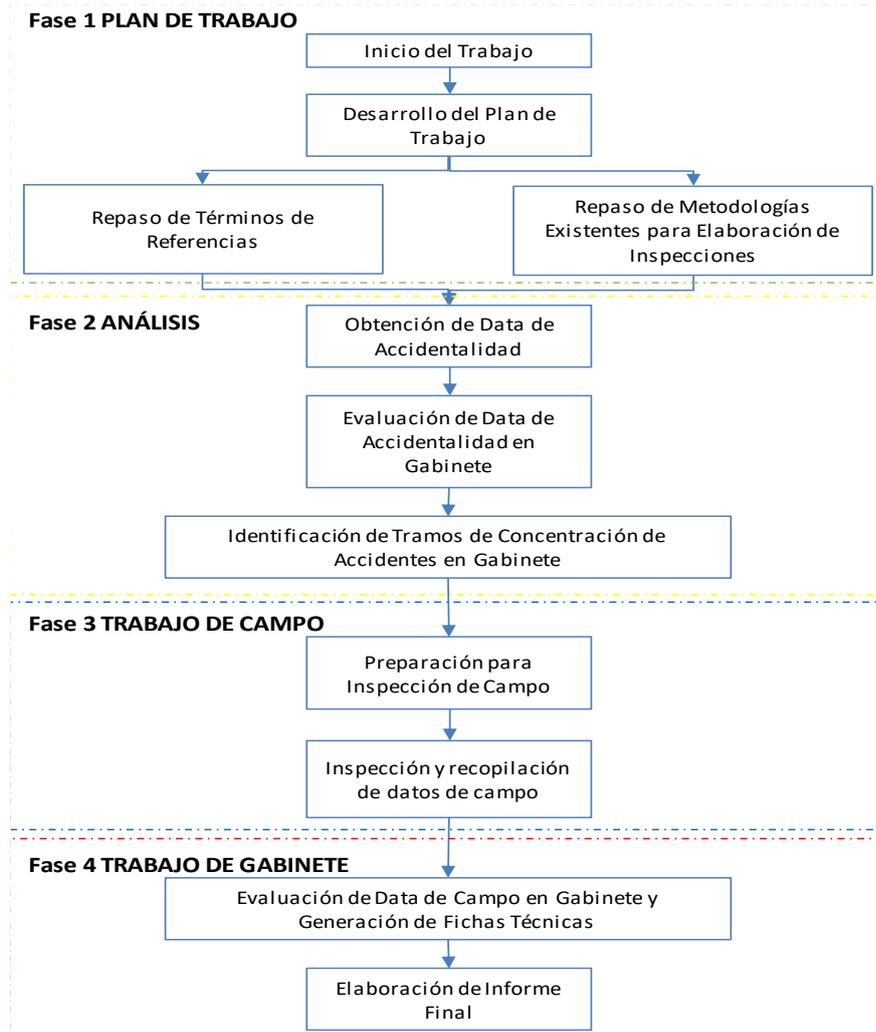


Fuente: (Torres Calderón & Aranda Jiménez, 2015, pág. 36)

2.2.3.3 PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR UNA ISV

El procedimiento para aplicar la Metodología de Inspección de Seguridad Vial se muestra en el siguiente diagrama. El cual sigue 4 fases, donde se incluyen los trabajos de planificación, trabajos en campo y el procesamiento respectivo de los datos en gabinete.

Figura N° 12. Flujograma para Realizar una Inspección de Seguridad Vial



Fuente: (Consortio Seguridad Vial: TRANSIS - HBC, 2014)

2.2.3.4 TRAMOS DE CONCENTRACIÓN DE ACCIDENTES

Definido en el Manual de Seguridad Vial (MTC, 2016) como aquellos tramos que presentan un número de colisiones (de un tipo particular) superior a tramos similares de la red vial, y en el que previsiblemente una actuación de mejora de la infraestructura puede dar lugar a una reducción significativa y eficaz de la accidentalidad. Se utiliza para hacer referencia a los puntos de mayor peligrosidad de una red vial.

2.2.3.5 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 se 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 y sectores más críticos. (Cal y Mayor y Asociados, 2005)

Su propósito es ayudar al auditor a identificar cualquier deficiencia de seguridad, de una forma ordenada y sistemática. Es importante entender que las listas de chequeo son un medio y no el fin de las ISV. (CONASET, 2003)

Figura N° 13. Parte de una Lista de Chequeo Propuesta en el Manual de Auditorías de Seguridad Vial en Bogotá - Colombia

FASE DE OPERACIÓN		RESPUESTA			COMENTARIOS	VER NOTA
2.4	Pendientes					
35	¿Las pendientes superan las máximas establecidas?	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	N/A <input type="checkbox"/>		
36	¿La presencia de pendientes fuertes en ascenso genera colas de vehículos?	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	N/A <input type="checkbox"/>		
37	¿Las pendientes son menores que las mínimas establecidas?	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	N/A <input type="checkbox"/>		
2.5	Alineamiento horizontal y vertical					
38	¿Los radios de las curvas horizontales se ajustan a las velocidades reales de operación?	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	N/A <input type="checkbox"/>		
39	¿Las longitudes de las curvas verticales son mayores que las longitudes mínimas requeridas con distancias de visibilidad de parada para las velocidades reales de operación?	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	N/A <input type="checkbox"/>		
40	¿Las longitudes de las curvas verticales son menores que las longitudes máximas requeridas con criterio de drenaje?	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	N/A <input type="checkbox"/>		
41	¿Hay cambios repentinos de curvas horizontales combinadas con curvas verticales convexas y cóncavas?	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	N/A <input type="checkbox"/>		
2.6	Peralte					
42	¿Los peraltes de las curvas horizontales corresponden a los radios y velocidades reales de operación?	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	N/A <input type="checkbox"/>		

Fuente: (Manual de Auditorías de Seguridad Vial, 2005)

2.2.3.6 ÍNDICE DE PELIGROSIDAD (IP)

El índice de peligrosidad establece la relación entre los accidentes con víctimas registradas y el nivel de exposición a riesgo de sufrir un accidente, en un tramo de longitud (L), en un periodo de tiempo (t), con un tráfico definido por el valor de IMDA. (CPS Ingenieros, 2014)

Ecuación N° 1. Ecuación del Índice de Peligrosidad

$$\text{Índice de Peligrosidad (IP)} = \frac{\text{Numero de Accidentes con Víctimas}}{\text{Nivel de Exposición al Riesgo}}$$

$$\text{Índice de Peligrosidad (IP)} = \frac{ACV * 10^8}{IMDA * t * L}$$

Donde:

ACV: Accidentes con Víctimas

IMDA: Índice Medio Diaria Anual (Vehículos /Día)

t: en Días

L: en Kilómetros

2.2.3.7 ÍNDICE DE ACCIDENTALIDAD (IA)

El índice de accidentalidad establece la relación entre los accidentes registrados y el nivel de exposición al riesgo de sufrir un accidente, en un tramo de longitud L, en un periodo de tiempo t, con un tráfico definido por el valor de IMDA. (CPS Ingenieros, 2014)

Ecuación N° 2. Ecuación del Índice de Accidentalidad

$$\text{Índice de Accidentalidad (IA)} = \frac{\text{Numero de Accidentes}}{\text{Nivel de Exposición al Riesgo}}$$

$$\text{Índice de Accidentalidad (IA)} = \frac{ACC * 10^8}{IMDA * t * L}$$

Donde:

ACC: Número de Accidentes

IMDA: Índice Medio Diaria Anual (Vehículos /Día)

t: en Días

L: en Kilómetros

2.2.4 HIGHWAY SAFETY MANUAL (HSM)

El Highway Safety Manual (HSM) introduce un enfoque técnico basado en la ciencia que elimina las conjeturas del análisis de seguridad. El HSM proporciona herramientas para realizar análisis cuantitativos de seguridad, permitiendo que la seguridad se evalúe



cuantitativamente junto con otras medidas del desempeño del transporte, tales como operaciones de tránsito, impactos ambientales y costos de construcción. (AASHTO, 2010)

Por ejemplo, el HSM proporciona un método para cuantificar los cambios en la frecuencia de choque en función de las características de la sección transversal. Con este método, el cambio esperado en la frecuencia de choques de diferentes alternativas de diseño se puede comparar con los beneficios operacionales o los impactos ambientales de estas mismas alternativas. (*ibíd.*)

2.2.4.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL HIGHWAY SAFETY MANUAL (HSM)

Contenido extraído de: (Highway Safety Manual User Guide, 2014)

El HSM proporciona herramientas analíticas y técnicas para cuantificar los efectos potenciales en los accidentes como resultado de las decisiones tomadas en la planificación, diseño, operaciones y mantenimiento. Los usuarios del HSM deben tener una base de conocimiento de seguridad que incluya familiaridad con los principios generales de seguridad vial, procedimientos estadísticos básicos e interpretación de resultados, junto con la competencia adecuada para ejercer la seguridad del tráfico y el juicio de ingeniería operativa.

El HSM se puede utilizar para las siguientes acciones:

- Identificar los sitios con mayor potencial de reducción de severidad o frecuencia de choque.
- Identificar los factores que contribuyen a los accidentes y las posibles medidas de mitigación
- Realizar evaluaciones económicas de contramedidas de seguridad y priorización de proyectos.
- Evaluar los beneficios de reducción de accidentes de los tratamientos implementados.
- Calcular el efecto de varias alternativas de diseño sobre la frecuencia y gravedad del choque.



- Estimación de la frecuencia y gravedad potencial de los accidentes en las redes de carreteras.
- Estimar el efecto potencial sobre la frecuencia de los accidentes y la gravedad de la planificación, el diseño, las operaciones y las decisiones de política.

El Manual está organizado en cuatro partes: HSM Parte A - Introducción, Factores Humanos y Fundamentos; HSM Parte B - Proceso de gestión de la seguridad vial; HSM Parte C - Métodos predictivos; y Parte D - Factores de modificación de accidentes. (HSM, 2010)

2.2.4.2 HSM PARTE C – MÉTODO PREDICTIVO

El Highway Safety Manual (2010), en su Parte C indica lo siguiente:

El método predictivo proporciona una medida cuantitativa de la frecuencia de choque media esperada bajo condiciones existentes que aún no se han producido. Esto permite evaluar cuantitativamente las condiciones de carreteras propuestas a lo largo de otras consideraciones como las necesidades de la comunidad, la capacidad, el retraso, el costo, el derecho de paso y las consideraciones ambientales:

El método predictivo se puede utilizar para evaluar y comparar la frecuencia de choque media esperada de situaciones como:

- Vías existentes con volúmenes de tráfico pasados o futuros.
- Diseños alternativos para una vía existente con volúmenes de tráfico pasados o futuros.
- Diseños para una nueva vía con volúmenes de tráfico futuros (previstos).
- La eficacia estimada de las contramedidas después de un período de implementación
- La eficacia estimada de las contramedidas propuestas en una vía existente (antes de la implementación).

El método predictivo proporciona un procedimiento de 18 pasos para estimar la "frecuencia promedio de accidentes esperados", N_{esperado} (por colisiones totales, gravedad

de colisión o tipo de colisión), de una red de carreteras, segmento o intersección. La estimación se basa en estimaciones hechas utilizando modelos predictivos que se combinan con los datos observados de choque utilizando el Método Bayes empírico (Método EB).

El modelo predictivo utilizado para determinar la frecuencia promedio de accidentes predichos, $N_{predicho}$, se presenta en la siguiente ecuación:

Ecuación N° 3. Frecuencia Promedio de Accidentes Predichos

$$N_{predicho} = N_{FDS} \times (FMA_1 \times FMA_2 \times \dots \times FMA_{12}) \times C$$

Donde,

$N_{predicho}$ = Predice la frecuencia media de choque para un año específico.

N_{FDS} = Frecuencia promedio de accidentes predichos determinada para condiciones base.

FMA_x = Factores de Modificación de Accidentes.

C = Factor de Calibración para ajustar la Función de Desempeño de Seguridad (FDS) a las condiciones locales.

El efecto del volumen de tráfico (IMDA) en la frecuencia de choque se incorpora a través de la Función de Desempeño de Seguridad (FDS), mientras que los efectos del diseño geométrico y características de control de tráfico se incorporan a través de los Factores de Modificación de Accidentes (FMAs).

El valor de N_{FDS} es calculado en función a las condiciones base que se presentan a continuación:

Tabla N° 4. Valores de las Condiciones Base Establecidas en el HSM.

Indicador	Valor	
Ancho de carril	12 pies	3.6 m
Ancho de berma	6 pies	1.8 m
Tipo de berma	pavimentada	
Índice de Peligrosidad (RHR)	3	
Densidad de Accesos	5 /milla	3 /Km
Curvatura horizontal	Ninguna	

Peralte	Ninguna
Banda sonora central	Ninguna
Indicador	Valor
Carril de sobrepaso	Ninguna
Carril de giro a la izquierda	Ninguna
Iluminación (presenta/no presenta)	Ninguna
Regulación automatizada de velocidad	Ninguna
Pendiente longitudinal	0%

Fuente: (HSM, 2010)

2.2.4.3 DEFINICIONES USADAS POR EL MÉTODO PREDICTIVO DEL HSM

Todas las definiciones son tomadas del Highway Safety Manual (HSM, 2010).

2.2.4.3.1 Función de Desempeño de Seguridad (FDS)

Las Funciones de Desempeño de Seguridad son ecuaciones de regresión que estiman la frecuencia promedio de accidentes para un sitio dado (con ciertas condiciones base) en función del IMDA, y en el caso de los segmentos de carretera, también en función de la longitud de los mismos. Estas funciones estiman la frecuencia promedio de accidentes en general, pero el método permite separar por tipo de accidente y nivel de lesión.

El HSM ofrece Funciones de Desempeño de Seguridad para tres tipos de caminos: Rurales de dos carriles, Rurales Multicarril y Arteriales urbanas y suburbanas. Y para ellos, realiza la distinción entre segmentos (divididos o indivisos) e intersecciones (sanforizadas y sin semáforos).

Ecuación N° 4. Función de Desempeño de Seguridad para Segmento de Carretera

$$N_{FDS} = IMDA \cdot L \cdot 365 \cdot 10^{-6} e^{(-0.312)}$$

Donde:

N_{FDS} = Frecuencia de accidentes predichos para segmentos de carretera de dos carriles en condiciones “base”.

IMDA = Índice Medio Diario Anual (vehículos/día).

L = Longitud del segmento de carretera (millas).

El FDS para segmentos de carretera son aplicables en un rango de IMDA de 0 a 17 800 vehículos por día. La aplicación con IMDA sustancialmente fuera de este rango no proporcionan resultados confiables.

El valor del parámetro de sobredispersión asociado con el FDS para segmentos de carretera de dos carriles se determina como una función de la longitud del segmento. Cuanto más cercano es el parámetro de sobredispersión a cero, más estadísticamente fiable es el FDS. El valor se determina como:

Ecuación N° 5. Parámetro de Sobredispersión (k)

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

Donde,

k = Parámetro de sobredispersión.

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

2.2.4.3.2 Factores de Modificación de Accidentes (FMAs)

Específicamente, los FMAs representan el cambio relativo en la frecuencia de accidentes debido a la variación de una condición dada, quedando constantes todas las otras condiciones y características del sitio.

Los FMAs para las condiciones base de cada Función de Desempeño de Seguridad (FDS) tiene un valor de 1. Cuando una o más condiciones del sitio en estudio diferente de las de base, los FMA pueden tomar valores mayores o menores a 1, dependiendo si esa característica particular está asociada a una mayor o menos frecuencia de accidentes.

Para carreteras de dos carriles los FMAs son los siguientes:

FMA₁ – Ancho de Carril

El valor base para el FMA₁ – Ancho de carril es de 12 pies (3.60 m). Por lo tanto, a los carriles de 12 pies se les asigna un FMA de 1,00.

Los FMAs expresados sobre esta base se ajustan, por lo tanto, a los accidentes totales dentro del método predictivo. Esto se logra utilizando la siguiente ecuación:

Ecuación N° 6. FMA_1 – Factor de Modificación de Accidentes por Ancho de Carril

$$FMA_1 = (FMA_{ra} - 1.0) \times p_{ra} + 1.0$$

Donde,

FMA_1 = Factor de modificación de accidentes para el efecto de ancho de carril.

FMA_{ra} = Factor de modificación de accidentes para el efecto de la anchura de carril en accidentes relacionados (por ejemplo, accidente de carrera de un solo vehículo en la carretera y de varios vehículos, desplazamiento lateral en sentido opuesto y accidentes de deslizamiento en la misma dirección).

p_{ra} = Proporción del total de accidentes constituidos por accidentes.

FMA_1 , se determina a partir de la Tabla N° 5 basado en el ancho de carril y el volumen de tráfico aplicables. Las relaciones mostradas en la Tabla N° 5 se ilustran en la Figura N° 14.

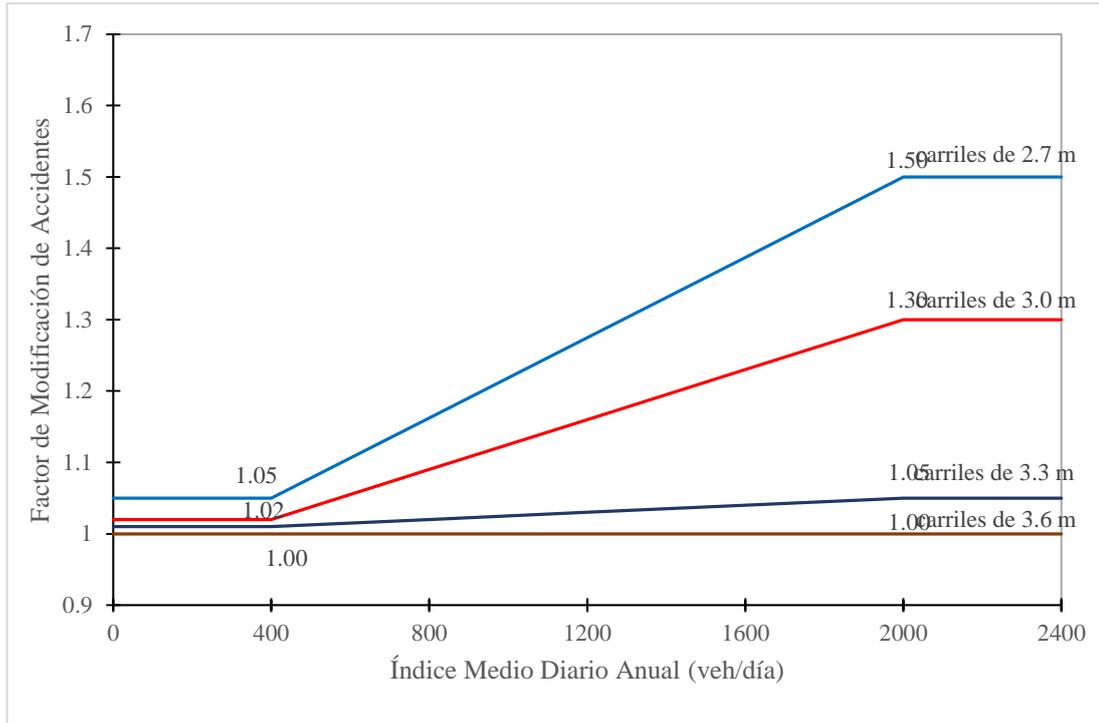
Tabla N° 5. FMA_{ra} para Ancho de Carril

Ancho de carril	IMDA (veh/día)		
	< 400	400 to 2000	> 2000
2.7 m o menos	1.05	$1.05+2.81 \times 10^{-4}$ (IMDA-400)	1.50
3.0 m	1.02	$1.02+1.75 \times 10^{-4}$ (IMDA-400)	1.30
3.3 m	1.01	$1.01+2.5 \times 10^{-5}$ (IMDA-400)	1.05
3.6 m o más	1.00	1.00	1.00

Fuente: HSM, 2010

Para anchos con incrementos de 0.15 m que no se describen en la Tabla N° 5 los valores pueden interpolarse ya que hay una transición lineal entre los diversos efectos de IMDA como se muestra en la siguiente figura.

Figura N° 14. Factor de Modificación de Accidentes para Ancho de Carril



Fuente: HSM, 2010

El valor de p_{ra} se calcula a partir de la proporción de accidentes relacionados, por ejemplo, de un solo vehículo en carretera y de varios vehículos, en sentido contrario a la dirección, y en los accidentes con choques laterales de la misma dirección, cuyo valor es de 0.574 (es decir, 57.4%) Esta distribución de tipo de accidente es por defecto, y por lo tanto el valor de p_{ra} , puede actualizarse a partir de datos locales como parte del proceso de calibración.

Si los anchos de carril para las dos direcciones de desplazamiento en un segmento de carretera difieren, la FMA se determina por separado para el ancho de carril en cada dirección de desplazamiento y los FMA resultantes se promedian.

FMA₂ – Ancho y Tipo de Berma

El valor base del ancho y tipo de berma es una berma pavimentada de 6 pies (1.80 m) al que se le asigna un valor de FMA de 1.00. Para las variaciones se utiliza la siguiente ecuación:

Ecuación N° 7. FMA₂ – Factor de Modificación de Accidentes por Ancho y Tipo de Berma

$$FMA_2 = (FMA_{wra} \times FMA_{tra} - 1.0) \times p_{ra} + 1.0$$

Donde,

FMA_2 = Factor de modificación de accidentes para el efecto de ancho y tipo de berma.

FMA_{wra} = Factor de modificación de accidentes para los accidentes relacionados basados en el tipo de accidente.

FMA_{tra} = Factor de modificación de accidentes para accidentes relacionados basados en el tipo de berma.

p_{ra} = Proporción del total de accidentes constituidos por accidentes.

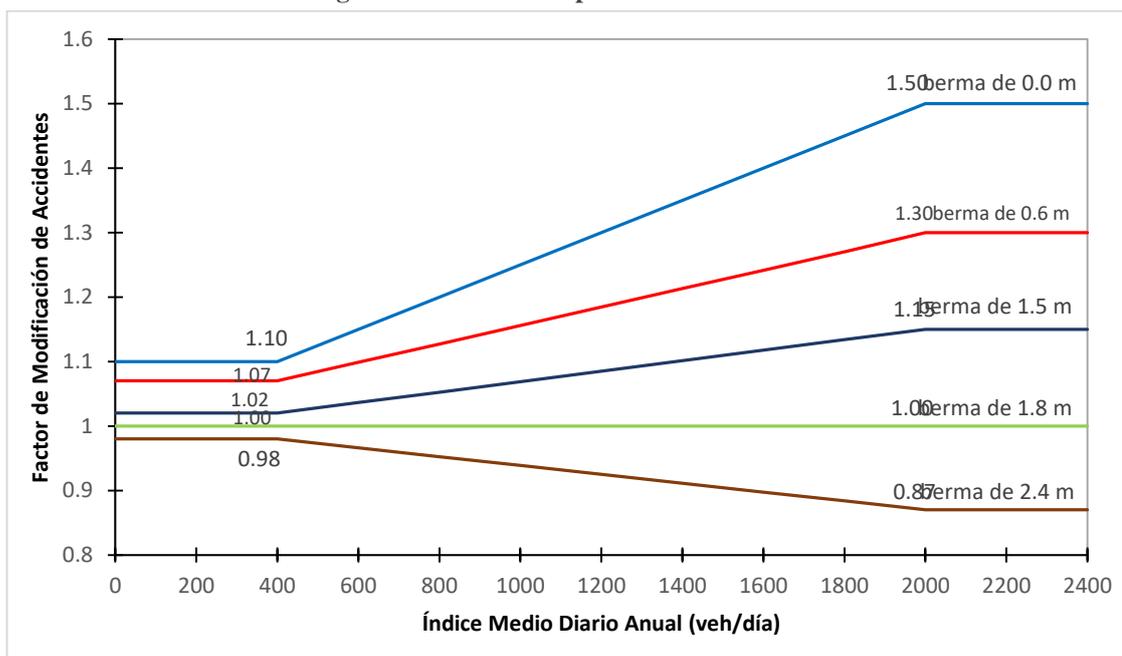
El valor de FMA_{wra} se determina a partir de la Tabla N° 6 basado en el ancho de berma y el rango de volumen de tráfico, esta relación se ve en la Figura N° 15.

Tabla N° 6. FMA_{wra} para Ancho de Berma

Ancho de berma (m)	IMDA (vehículos/día)		
	< 400	400 a 2000	> 2000
0	1.10	$1.10+2.50 \times 10^{-4}$ (IMDA-400)	1.50
0.6	1.07	$1.07+1.43 \times 10^{-4}$ (IMDA-400)	1.30
1.5	1.02	$1.02+8.125 \times 10^{-5}$ (IMDA-400)	1.15
1.8	1.00	1.00	1.00
2.4 o más	0.98	$0.98+6.875 \times 10^{-5}$ (IMDA-400)	0.87

Fuente: HSM, 2010

Figura N° 15. FMA_{wra} para Ancho de Berma





Fuente: HSM, 2010

La condición base para el tipo de berma es que este pavimentada. Los valores que se ajustan a los efectos de seguridad de la grava, el césped y las bermas compuestas se muestran en la Tabla N° 7.

Tabla N° 7. FMAtra en Función del Tipo y Ancho de Berma.

Tipo de berma	Ancho de berma (m)						
	0	0.3	0.6	0.9	1.2	1.8	2.4
Pavimento	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Grava	1.00	1.00	1.01	1.01	1.01	1.02	1.02
Compuesta	1.00	1.01	1.02	1.02	1.03	1.04	1.06
Césped	1.00	1.01	1.03	1.04	1.05	1.08	1.11

Fuente: HSM, 2010

El valor de p_{ra} se calcula a partir de la proporción de accidentes relacionados, por ejemplo, de un solo vehículo en carretera y de varios vehículos, en sentido contrario a la dirección, y en los accidentes con choques laterales de la misma dirección, cuyo valor es de 0.574 (es decir, 57.4%) Esta distribución de tipo de accidente es por defecto, y por lo tanto el valor de p_{ra} , puede actualizarse a partir de datos locales como parte del proceso de calibración.

Si los tipos de berma y/o los anchos para las dos direcciones de un segmento de carretera difieren, la FMA se determina por separado para el tipo de berma y el ancho en cada dirección de viaje y los FMA resultantes se promedian.

FMA₃ – Curvas Horizontales: Longitud, Radio y Presencia o Ausencia de Transiciones Espirales

La condición base para la alineación horizontal es un segmento de carretera en tangente. Un FMA ha sido desarrollado para representar como los accidentes en alineaciones rectas difieren de las condiciones en alineaciones con curvas circulares.

El FMA para la curvatura horizontal se halla con la siguiente ecuación, el cual está en función de la longitud y el radio de la curva circular y la presencia o ausencia de transiciones espirales

Ecuación N° 8. FMA₃ – Factor de Modificación de Accidentes por Longitud y Radio de Curva

$$FMA_{3r} = \frac{(1.55 \times L_c) + \left(\frac{80.2}{R}\right) - (0.012 \times S)}{(1.55 \times L_c)}$$

Donde,

FMA₃ = Factor de modificación de accidentes para el efecto de la alineación horizontal sobre accidentes totales.

L_c = Longitud de la curva horizontal (millas) sobre accidentes totales.

R = Radio de curvatura (pies).

S = 1 si la curva de transición espiral está presente; 0 si la curva de transición espiral no está presente; 0,5 si una curva de transición espiral está presente en uno, pero no en ambos extremos de la curva horizontal.

Algunos segmentos de carretera que se analizan pueden incluir sólo una porción de una curva horizontal. En este caso, L_c representa la longitud de toda la curva horizontal, incluyendo porciones de la curva horizontal que pueden estar fuera del segmento de la carretera de interés.

Al aplicar la ecuación anterior, si el radio de curvatura (R) es menor de 100 pies, R se fija en igual a 100 pies. Si la longitud de la curva horizontal (L_c) es inferior a 100 pies, L_c se establece en igual a 100 pies.

Si el valor de FMA₃ es menor que 1.00, el valor de FMA₃ se establece igual a 1.00.

FMA₄ – Curvas Horizontales: Peralte

La condición base para el FMA para el peralte de una curva horizontal es el valor de peralte establecido por el Libro Verde de AASHTO.

El FMA para el peralte se basa en la varianza del peralte de una curva horizontal (es decir, la diferencia entre el peralte real y el peralte establecido por el AASHTO). Cuando el



peralte real cumple o excede a lo establecido por AASHTO, el valor de la FMA por peralte es 1.00.

Las siguientes ecuaciones presentan el valor de FMA para varianzas de peralte.

Ecuación N° 9. FMA₄ – Factor de Modificación de Accidentes por Peralte

$$FMA_4 = 1.00 \text{ para } SV < 0.01$$

$$FMA_4 = 1.00 + 6 \times (SV - 0.01) \text{ para } 0.01 \leq SV < 0.02$$

$$FMA_4 = 1.00 + 3 \times (SV - 0.02) \text{ para } SV \geq 0.02$$

Donde,

FMA₄ = Factor de modificación de accidentes para el efecto de la varianza de peralte en los accidentes totales;

SV = (ft / ft), que representa la varianza del peralte contenido en el Libro Verde de la AASHTO menos el peralte real de la curva.

FMA₅ – Pendiente Longitudinal

La condición base para la pendiente es una carretera generalmente nivelada. Los FMA que se presentan en la Tabla N° 8 para cada segmento se evalúan de forma individual sin respetar el signo de cada pendiente. Los FMA para pendiente se aplican a toda la pendiente desde un punto de intersección vertical (PIV) hasta el siguiente (es decir, no se tiene en cuenta las curvas verticales).

Tabla N° 8. FMA para la Pendiente Longitudinal

Pendiente Aproximada (%)		
Terreno Plano (≤ 3%)	Terreno Moderado (3% < % ≤ 6%)	Terreno Escarpado (> 6%)
1.00	1.10	1.16

FMA₆ – Densidad de Accesos

La condición base para la densidad de accesos es de cinco accesos por milla (3/Km). El modelo para la condición base se estableció para carreteras con esta densidad de accesos. El FMA para la densidad de accesos se determina usando la siguiente ecuación:

Ecuación N° 10. FMA₆ – Factor de Modificación de Accidentes por Densidad de Accesos

$$FMA_{6c} = \frac{0.322 + DD \times [0.05 - 0.005 \times \ln(IMDA)]}{0.322 + 5 \times [0.05 - 0.005 \times \ln(IMDA)]}$$

Donde,

FMA₆ = Factor de modificación de accidentes para el efecto de la densidad de accesos en los accidentes totales.

IMDA = Índice Medio Diario Anual (vehículos por día).

DD = Densidad de accesos considerando accesos a ambos lados del camino (accesos/milla).

Si la densidad de accesos es menor de 5 accesos por milla, el FMA₆ es 1.00.

FMA₇ – Banda Sonora Central

La banda sonora central se instala en la carretera para alertar a los conductores que involuntariamente atraviesan o comienzan a cruzar la línea central de la carretera. La condición base para la banda sonora central es la ausencia de esta.

El valor de FMA para la presencia de la banda sonora es de 0.94, en caso de ausencia de esta el valor de FMA es 1.00.

FMA₈ – Carriles de Sobrepaso

La condición de base es la ausencia de un carril de sobrepaso donde el FMA es igual a 1. Si existe un carril de sobrepaso en uno de los sentidos el FMA es igual a 0.75 y si el carril de sobrepaso está en ambos sentidos el FMA es 0.65.

Este FMA no se aplica a las secciones extendidas de la carretera de cuatro carriles.

FMA₉ – Carril de Giro a la Izquierda (Islas)

La instalación de un carril central de dos vías de giro a la izquierda es una carretera para crear una sección transversal de tres carriles puede reducir los accidentes relacionados con las maniobras de giro en la calzada. La condición base para los carriles de doble sentido a la izquierda es la ausencia de un carril de giro a la izquierda, si existiese el FMA es calculado con la siguiente ecuación:

Ecuación N° 11. FMA₉ – Factor de Modificación de Accidentes por Carril de giro a la izquierda

$$FMA_9 = 1.0 - (0.7 \times p_{dwy} \times p_{LT/D})$$

Donde,

FMA₉ = Factor de modificación de accidentes para el efecto de los carriles de doble sentido de giro a la izquierda en los accidentes totales.

p_{dwy} = Accidentes relacionados con aceras como proporción del total de accidentes;

p_{LT/D} = Accidentes de giro a la izquierda susceptibles de ser corregidos por un carril de giro a la izquierda en proporción de los accidentes relacionados con aceras.

El valor de p_{dwy} se puede estimar usando la siguiente ecuación:

Ecuación N° 12. Estimación de Accidentes Relacionados con Aceras

$$p_{dwy} = \frac{(0.0047 \times DD) + (0.0024 \times DD^{(2)})}{1.199 + (0.0047 \times DD) + (0.0024 \times DD^{(2)})}$$

Donde,

p_{dwy} = Accidentes relacionados con aceras como proporción del total de accidentes;

DD = La densidad de accesos considerando accesos en ambos lados de la carretera (accesos / milla).

El valor de p_{LT/D} se estima en 0.5.

La ecuación antes presentada proporciona la mejor estimación del FMA para la instalación de un carril de giro a la izquierda que puede hacerse sin datos de los volúmenes vehiculares de giro a la izquierda.

La instalación de FMA para carriles de giro a la izquierda no se aplica a menos que la densidad de accesos sea mayor o igual a cinco accesos por milla. Si la densidad de accesos

es menor de cinco accesos por milla, el valor de FMA para la instalación del carril de giro a la izquierda es 1.00

FMA₁₀ – Índice de Peligrosidad

El índice de peligrosidad se obtiene mediante un análisis cuantitativo del costado del camino, en el cual se evalúa en una escala del 1 al 7 (siendo 7 el más peligroso) las características del diseño tales como la pendiente transversal, el área despejada, la presencia o no de barreras de contención, etc. Para los propósitos del método predictivo HSM, el valor de índice de peligrosidad (RHR) está representado por la calificación de riesgo desarrollada por Zegeer. El valor base del índice de peligrosidad es 3 donde el FMA es igual a 1.00; para otros valores de RHR el FMA se calcula con la siguiente ecuación:

Ecuación N° 13. FMA₁₀ – Factor de Modificación de Accidentes por Índice de Peligrosidad

$$FMA_{10} = \frac{e^{(-0.6869+0.0668 \times RHR)}}{e^{(-0.4865)}}$$

Donde,

FMA₁₀ = Factor de modificación de accidentes para el índice de peligrosidad.

RHR = Índice de peligrosidad.

FMA₁₁ – Iluminación

La condición base para la iluminación es la ausencia de esta en el segmento donde el FMA es igual a 1.00, para segmentos con iluminación el FMA es calculado con la siguiente ecuación:

Ecuación N° 14. FMA₁₁ – Factor de Modificación de Accidentes por Iluminación

$$FMA_{11} = 1.0 - [(1.0 - 0.72 \times p_{inr} - 0.83 \times p_{pnr}) \times p_{nr}]$$

Donde,

FMA₁₁ = Factor de modificación de accidentes para el efecto de la iluminación;



p_{inr} = Proporción del total de accidentes nocturnos en los segmentos de carreteras sin iluminación que impliquen una muerte o lesión;

p_{pnr} = Proporción del total de accidentes nocturnos en los segmentos de carreteras sin iluminación que involucren daños a la propiedad solamente;

p_{nr} = Proporción del total de accidentes de los segmentos de carretera no iluminados que ocurren por la noche.

Este FMA se aplica a los accidentes totales del segmento de la carretera. En la Tabla N° 9 se presentan los valores por defecto para las proporciones de accidentes nocturnos p_{inr} , p_{pnr} y p_{nr} .

Tabla N° 9. Proporción de Accidentes Nocturnos en un Segmento de Carretera Sin Iluminación.

Tipo de camino	Proporción de accidentes nocturnos totales según el nivel de gravedad		Proporción de accidentes que ocurren por la noche
	p_{inr}	p_{pnr}	p_{nr}
2 carriles bidireccional	0.382	0.618	0.370

Fuente: HSM, 2010

FMA₁₂ – Carriles de Sobrepasso

Los sistemas automatizados de regulación de velocidad utilizan el video o la identificación fotográfica junto con el radar o los láseres para detectar conductores con exceso de velocidad. La condición base para la aplicación automática de la velocidad es que está ausente.

El valor de FMA₁₂ para el efecto de la regulación automatizada de la velocidad es de 0.93.

2.2.4.3.3 Factor de Calibración de Accidentes (C)

Las frecuencias de accidentes en segmentos o intersecciones similares pueden variar de una zona a otra debido a las diferencias en clima, población de conductores, distintos umbrales de registro de accidentes y prácticas de registro de accidentes. Por ello, para compensar estas diferencias se incluye un factor de calibración de accidentes (C) que considera las condiciones locales y/o geografía del sitio en estudio.



El HSM sugiere que para obtener un valor adecuado de C se utilice una muestra de 30 a 50 segmentos, los cuales deben sumar 100 accidentes (independientemente de la severidad) por año como mínimo y tener una longitud mínima recomendada de cada segmento de 160 metros (0,1 millas), suficiente para representar adecuadamente las condiciones físicas y de seguridad del lugar en proceso de calibración.

El factor de calibración C (en este caso, para segmentos de dos carriles indivisos) se obtiene como el cociente entre la sumatoria de la frecuencia de accidentes observadas para todos los segmentos de la muestra ($\sum N_{\text{observado}}$) y la sumatoria de la frecuencia de accidentes esperada ($\sum N_{\text{esperado}}$) en los mismos segmentos.

Ecuación N° 15. Factor de Calibración (C)

$$C = \frac{\sum N_{obs}}{\sum N_{esp}}$$

Para el cálculo de la frecuencia de accidentes esperada N_{esperado} para cada uno de los segmentos en estudio se calculan los FMA correspondientes y se asume un C igual a uno.

2.2.4.3.4 Método Empírico de Bayes (Método EB)

El Método de Bayes empírico busca realizar una estimación del número de choques esperado en un sitio usando tanto los datos de frecuencia de choques observados en el sitio, así como la evidencia proveniente de otros sitios con características similares. Para tal efecto se utiliza la Función de Desempeño de Seguridad (FDS). (Agüero Valverde & Castro Estrada, Aplicación del Método Bayes Empírico en Análisis de Seguridad Vial: El caso de la Ruta 32 en Costa Rica, 2015).

Si se considera cada viaje como un evento de Bernoulli con una probabilidad p (muy baja) de terminar en un choque y se agregan dichos viajes sobre un tiempo determinado en una sección de carretera o intersección, el número de choques observados tendrá una distribución de Poisson. Ahora bien, se conoce que los choques viales presentan más dispersión de la que una distribución de Poisson puede explicar, dado que la varianza en dicha distribución está restringida a ser igual que el promedio. (Shankar, Mannering, & Barfield, 1995)



Por lo anterior, es común que se utilice la distribución binomial negativa que se basa en la distribución de Poisson, pero permite que la varianza sea mayor que el promedio. (Agüero Valverde & Jovanis, Spatial analysis of fatal and injury crashes in Pennsylvania, 2006)

El proceso que sigue el Método Empírico de Bayes es descrito por Agüero Valverde & Castro Estrada en su trabajo: “Aplicación del Método Bayes Empírico en Análisis de Seguridad Vial: El caso de la Ruta 32 en Costa Rica – 2015.”. Este proceso se describe a continuación:

La Función de Desempeño de Seguridad (N_{FDS}) es calculada utilizando la Ecuación N° 4, presentada en el apartado 2.2.4.3.1 del marco teórico.

$$N_{FDS} = IMDA . L . 365 . 10^{-6} e^{(-0.312)}$$

Una vez estimado el N_{FDS} , el número predicho de accidentes ($N_{predicho}$) es estimado mediante la Ecuación N° 3, presentada en el apartado 2.2.4.2 del marco teórico,

$$N_{predicho} = N_{FDS} \times (FMA_1 \times FMA_2 \times \dots \times FMA_{12}) \times C$$

Seguidamente, se calcula lo que se conoce como ajuste por peso, que se refiere a la confiabilidad de la Función de Desempeño de Seguridad que se está utilizando. Si los parámetros de sobre dispersión son bajos, lo cual indica una mayor confiabilidad, entonces se tendrá un ajuste por peso más grande, que a su vez indica que la función de desempeño es más confiable. El peso se calcula de la siguiente manera:

Ecuación N° 16. Ajuste por peso de Bayes (w)

$$w = \frac{1}{(1 + k(N_{predicho}))}$$

Donde,

w = Peso de Bayes empírico.

k = Parámetro de sobre dispersión de la Función de Desempeño de Seguridad (FDS).

Finalmente, la frecuencia de choques esperados total ($N_{esperado}$) se calcula por medio de la siguiente ecuación:

Ecuación N° 17. Frecuencia de choques esperados

$$N_{esperado} = w \times N_{predicho} + (1 - w) \times N_{observado}$$

Donde,

w = peso de Bayes empírico.

$N_{observado}$ = número de choques observados.

El paso siguiente consiste en calcular el exceso de frecuencia de choques esperado, que corresponde a la diferencia entre los estimados predichos y los estimados con el ajuste de Bayes empírico:

Ecuación N° 18. Exceso de Frecuencia de Choques Esperado

$$\Delta = N_{esperado} - N_{predicho}$$

Dicho exceso permite identificar cuáles son los segmentos que tienen una mayor frecuencia de choques esperada que los estimados predichos, y se espera van a responder mejor a las medidas de mitigación propuestas, puesto que poseen un exceso importante que puede disminuirse.

La función de desempeño de seguridad vial se presenta en valor predicho de choques para segmentos con características similares al segmento en estudio. Luego con el peso de Bayes empírico se realiza la corrección por sesgo de regresión a la media, por lo que el valor esperado ($N_{esperado}$) es un valor intermedio entre la frecuencia observada ($N_{observado}$) y la frecuencia predicha por la función de desempeño ($N_{predicho}$). (Agüero Valverde & Castro Estrada, 2015)

2.2.4.4 PASOS PARA DESARROLLAR EL MÉTODO PREDICTIVO DEL HSM

Los pasos que se describen a continuación están descritos en el Highway Safety Manual (2010)

Paso 1 - Definir los límites de la carretera y los segmentos de la misma para los que se espera estimar la frecuencia media de choque, la gravedad y los tipos de colisión.



Los límites de la calzada de interés dependerán de la naturaleza del estudio. El estudio puede estar limitado a un segmento o un conjunto de segmento continuos.

Paso 2 - Definir el período de interés

El método predictivo se puede realizar para un período pasado o un período futuro. Todos los períodos se miden en años. Los años de interés serán determinados por la disponibilidad de IMDA observados o pronosticados, datos de choque observados y datos de diseño geométrico. El período de estudio puede ser:

- Un período pasado (basado en IMDAs observados)
- Un período futuro (basado en las IMDAs pronosticados)

Paso 3 - Para el período de estudio, determine la disponibilidad de volúmenes de tráfico diarios promedio anuales y, para una red de carreteras existente, la disponibilidad de datos de choque observados para determinar si el Método EB es aplicable.

Determinación de volúmenes de tráfico

Los FDS utilizados en el Paso 9 (y algunos FMA en el Paso 10), requieren volúmenes IMDA (vehículos por día). Para un período pasado, el IMDA puede determinarse mediante registro automatizado o estimado mediante una encuesta por muestreo. Para un período futuro, el IMDA puede ser una estimación basada en modelos apropiados de planificación del uso de la tierra y de predicción del volumen de tráfico, o basándose en el supuesto de que los volúmenes de tráfico actuales se mantendrán relativamente constantes.

En muchos casos, se espera que los datos del IMDA no estarán disponibles para todos los años del período de evaluación. En ese caso, una estimación del IMDA para cada año del período de evaluación se determina mediante interpolación o extrapolación, según proceda.

Determinación de la disponibilidad de datos de accidentes observados

Cuando se esté considerando un sitio existente o condiciones alternativas a un sitio existente, se utiliza el Método EB. El Método EB sólo es aplicable cuando se dispone de



datos de accidentes observados y confiables para el segmento de carretera en estudio. Al menos dos años de datos de frecuencia de accidentes observados son deseables para aplicar el Método EB.

Si no se dispone de datos de frecuencia de choque observados, no se realizarían los pasos 6, 13 y 15 del método predictivo. En este caso, la estimación de la frecuencia media de choque prevista se limita a utilizar un modelo predictivo (es decir, la frecuencia promedio de accidentes predichos).

Paso 4 - Determinar las características de diseño geométrico, características de control de tráfico y características del sitio para todos los segmentos en estudio.

Para determinar los datos requeridos y evitar la recolección innecesaria de datos, es necesario comprender las condiciones básicas de los FDS en el Paso 9 y los FMA en el Paso 10.

Paso 5 - Divida la red de carreteras o la vía en segmentos.

Usando la información del Paso 1 y del Paso 4, la carretera se divide en sitios individuales, que consisten en segmentos homogéneos de carretera e intersecciones. Al dividir la carretera en pequeños segmentos homogéneos, limitar la longitud de los segmentos a no menos de 0,10 millas lo que minimizará los esfuerzos de cálculo y no afectará los resultados.

Paso 6 - Asignar accidentes observados a los segmentos individuales (si aplican).

El paso 6 sólo se aplica si se determinó en el paso 3 que se aplicó el método EB del segmento específico. Si el Método EB específico del segmento no es aplicable, proceda al Paso 7.

Paso 7 - Seleccione el primer o siguiente segmento individual en la carretera de estudio. Si no hay más segmentos para ser evaluados, vaya al Paso 15.

En cada segmento se determinan todas las características de diseño geométrico, características de control de tráfico, IMDA y datos de choque observados en los pasos 1 a 4.



El resultado del método predictivo HSM es la frecuencia promedio de accidentes predichos de toda la red de estudio, que es la suma de todos los segmentos individuales, para cada año en el estudio. Tenga en cuenta que este valor será el número total de accidentes que se espera que se produzca en todos los segmentos durante el período de interés. Si se desea una frecuencia de accidentes, el total se puede dividir por el número de años en el período de interés.

Paso 8 - Para el segmento seleccionado, seleccione el primer o el siguiente año en el período de interés. Si no hay más años para ser evaluados para ese segmento, proceda al Paso 15.

Los pasos 8 a 14 se repiten para cada segmento en el estudio y para cada año en el período de estudio,

Paso 9 - Para el segmento seleccionado, determine y aplique la Función de Desempeño de Seguridad (FDS).

Los pasos 9 al 13, descritos a continuación, se repiten para cada año del período de evaluación como parte de la evaluación de cualquier segmento de la carretera.

Cada modelo predictivo en el HSM consiste en una Función de Desempeño de Seguridad (FDS), que se ajusta a las condiciones específicas del sitio (en el Paso 10) usando Factores de Modificación de Accidentes (FMAs) y se ajusta a las condiciones de jurisdicción local (en el Paso 11).

Paso 10 - Multiplique el resultado obtenido en el Paso 9 por los FMA apropiados para ajustar la frecuencia de accidentes previstos (N_{FDS}) al diseño geométrico específico del sitio y características de control de tráfico.

Paso 11 - Multiplicar el resultado obtenido en el Paso 10 por el factor de calibración apropiado.

Los FDS utilizados en el método predictivo han sido desarrollados con datos de jurisdicciones y períodos de tiempo específicos. La calibración de los FDS a las condiciones locales dará cuenta de las diferencias. Un factor de calibración (C) se aplica a cada FDS en el método predictivo.



Paso 12 - Si hay otro año para ser evaluado en el período de estudio para el segmento seleccionado, regrese al Paso 8. De lo contrario, continúe con el Paso 13.

Este paso crea un bucle a través de los pasos 8 a 12 se repite para cada año del período de evaluación para el segmento seleccionado.

Paso 13 - Aplicar el método EB específico del segmento (si corresponde)

El método EB de sitio específico combina la estimación del modelo predictivo de la frecuencia de choque media predicha, $N_{predicho}$, con la frecuencia de choque observada del sitio específico, $N_{observado}$. Esto proporcionó una estimación estadísticamente más fiable de la frecuencia media de choque prevista del sitio seleccionado.

Aplique el Método EB de segmento específico a un período de tiempo futuro, si es apropiado.

Paso 14 - Si hay otro segmento a ser evaluado, regrese al Paso 7, de lo contrario, proceda al Paso 15.

Este paso crea un bucle para los pasos 7 a 13 que se repite para cada segmento de carretera.

Paso 15 - Aplicar el método EB de la carretera (si el método EB específico del segmento no es aplicable)

Este paso es aplicable a las condiciones existentes cuando los datos de accidentes observados están disponibles, pero no se pueden asignar con precisión a segmentos específicos.

Paso 16 - Sumar todos los segmentos y años en el estudio para estimar los accidentes totales o la frecuencia promedio de accidentes predichos.

El número total estimado de accidentes dentro de la red o límites de la carretera durante los años del período de estudio se calcula utilizando la siguiente ecuación:

Ecuación N° 19. Accidentes totales esperados

$$N_{total} = \sum_{\substack{\text{todos} \\ \text{los segmentos} \\ \text{de carretera}}} N_{esperado}$$



Donde,

N_{total} = número total esperado de accidentes dentro de los límites de la carretera de estudio para todos los años en el período de interés.

$N_{esperado}$ = frecuencia media de choque prevista para un segmento de la carretera utilizando el método predictivo durante un año;

La ecuación anterior representa el número total previsto de accidentes que se estima se producen durante el período de estudio. La siguiente ecuación se utiliza para estimar la frecuencia total prevista de accidentes dentro de los límites de la red o de la instalación durante el período de estudio.

Ecuación N° 20. Promedio de accidentes esperados en el periodo de estudio

$$N_{promedio\ total} = \frac{N_{total}}{n}$$

Donde,

$N_{promedio\ total}$ = total de la frecuencia promedio de accidentes predicho estimada para ocurrir dentro de los límites definidos de la carretera durante el período de estudio;

n = número de años en el período de estudio.

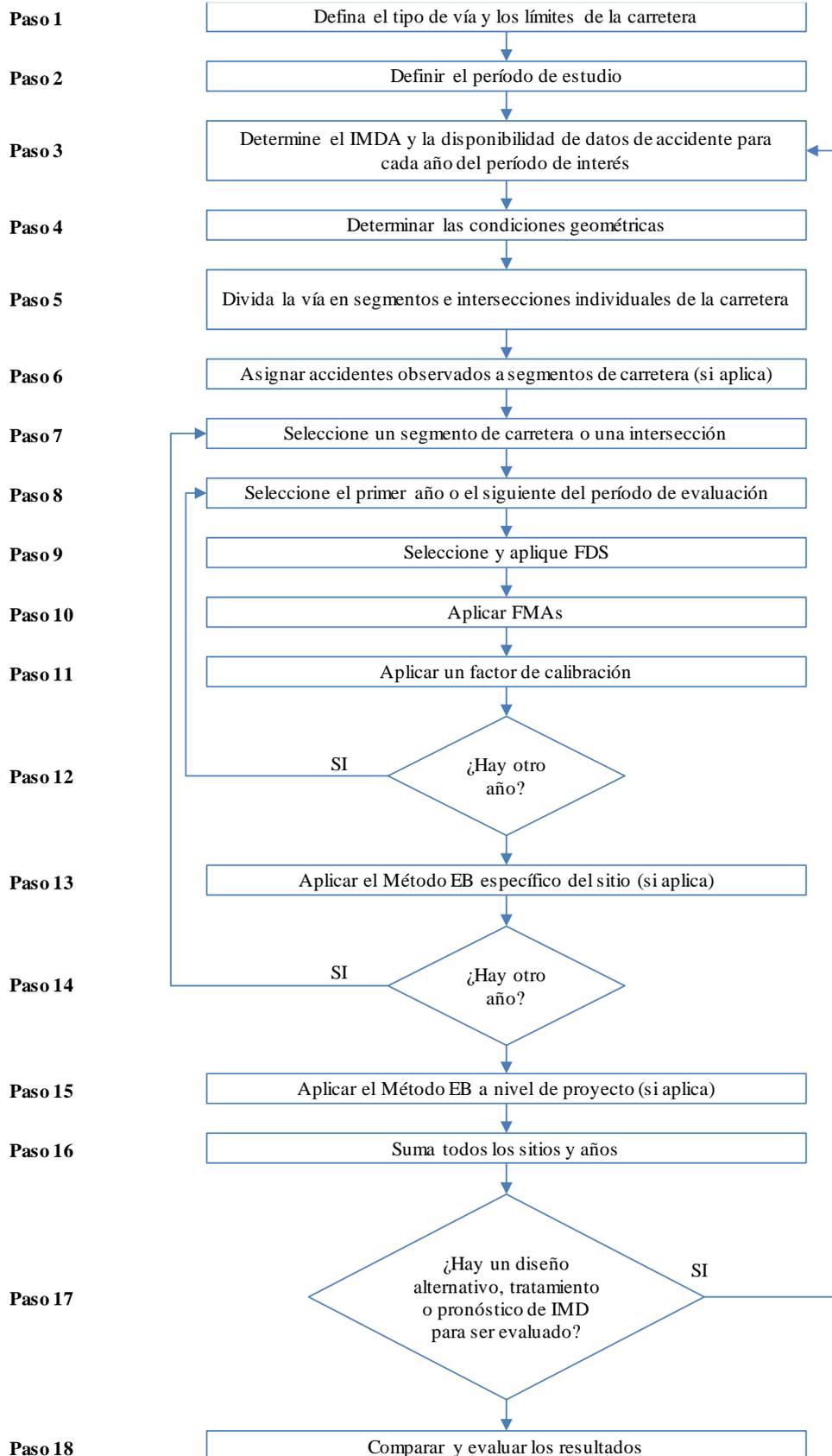
Paso 17 - Determinar si hay un diseño, tratamiento o pronóstico alternativo de IMDA para ser evaluado.

Los pasos del 3 al 16 del método predictivo se repiten según sea apropiado para los mismos límites de la carretera, pero para diseños geométricos alternativos, tratamientos o períodos de interés o IMDA pronosticados.

Paso 18 - Evaluar y comparar los resultados.

El método predictivo se utiliza para proporcionar una estimación estadísticamente confiable de la frecuencia promedio de accidentes esperados dentro de los límites definidos de la carretera durante un período de tiempo dado para características geométricas de diseño y control de tráfico e IMDA conocido o estimado.

Figura N° 16. Flujograma del Método Predictivo del HSM



FDS: Función de Desempeño de Seguridad
FMA: Factor de Modificación de Accidentes
Método EB: Método Empírico de Bayes

Fuente: (HSM: Highway Safety Manual, 2010)

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

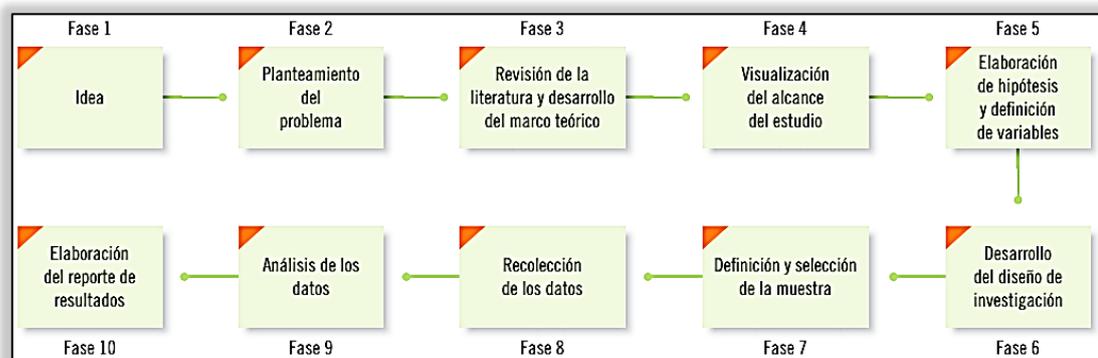
3.1 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

De acuerdo al concepto que se maneja en el Libro Metodología de la Investigación de (Dr. Hernández Sampieri, Dr. Fernández Collado, & Dra. Baptista Lucio, 2010, pág. 4), donde indica que: “el enfoque cuantitativo utiliza la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías.

Por ello la presente investigación se define como de tipo CUANTITATIVA, porque se medirán factores que inciden en la accidentabilidad de la vía en el tramo Av. Antonio Lorena – Poroy, analizando los datos y con ellos demostrar la validez o no de las hipótesis planteadas, de igual manera el análisis cuantitativo permitirá plantear las propuestas de solución en los puntos de mayor índice de accidentabilidad.

Figura N° 17. Proceso de la Investigación Cuantitativa



Fuente: (Dr. Hernández Sampieri, et al, 2010, pág. 5)

3.1.2 NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Apelando de nuevo al concepto dado en el Libro Metodología de la Investigación (Dr. Hernández Sampieri, Dr. Fernández Collado, & Dra. Baptista Lucio, 2010, pág. 80), la presente investigación se define en un nivel DESCRIPTIVO, donde “...se busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice”.



Además, la presente investigación tiene un alcance EXPLICATIVO, el cual “Está dirigido a responder por las causas de los eventos y fenómenos... Se enfoca e explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta, o por qué se relacionan dos o más variables”. (*ibíd.*, pág. 85.)

Por lo tanto, la presente investigación observará, cuantificará y determinará las características de la vía y con los conceptos planteados tanto en la Metodología de Inspección Seguridad Vial y el Manual HSM (Highway Safety Manual) se relacionará estas condiciones con la generación de accidentes de tránsito.

3.1.3 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

El método establecido para la investigación será el HIPOTÉTICO-DEDUCTIVO, el cual “Consiste en un procedimiento que parte de unas aseveraciones en calidad de hipótesis y busca refutar o falsear tales hipótesis, deduciendo de ellas conclusiones que deben confrontarse con los hechos” (Bernal, 2010, pág. 60)

En la presente investigación se plantearán hipótesis, las cuales se comprobará su veracidad o falsedad, sustentada con los resultados de procesos deductivos relacionados con las variables que serán cuantificadas mediante sus indicadores.

3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.2.1 DISEÑO METODOLÓGICO

Para el desarrollo de esta investigación se utilizaron, primero un diseño NO EXPERIMENTAL en su forma LONGITUDINAL en una etapa de recopilación de datos y primer análisis tanto con la Metodología de Inspección de Seguridad Vial y el Manual HSM. Y segundo se utilizó un diseño CUASI-EXPERIMENTAL en una etapa de segundo análisis modificando las variables independientes de características geométricas mediante los Factores de Modificación de Accidentes del Manual HSM.

El diseño no experimental es la que se realiza sin la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos. (Dr. Hernández Sampieri, Dr. Fernández Collado, & Dra. Baptista Lucio, 2010, pág. 149)



Los diseños longitudinales recaban datos en diferentes puntos del tiempo, para realizar inferencias acerca de la evolución, sus causas y sus efectos.

El diseño cuasi-experimental, se refiere a un estudio en el que se manipulan intencionalmente una o más variables independientes, para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes, dentro de una situación de control. (Dr. Hernández Sampieri, Dr. Fernández Collado, & Dra. Baptista Lucio, 2010, pág. 121)

3.2.2 DISEÑO DE INGENIERÍA

El desarrollo de la presente investigación se dividió en cuatro etapas principales,

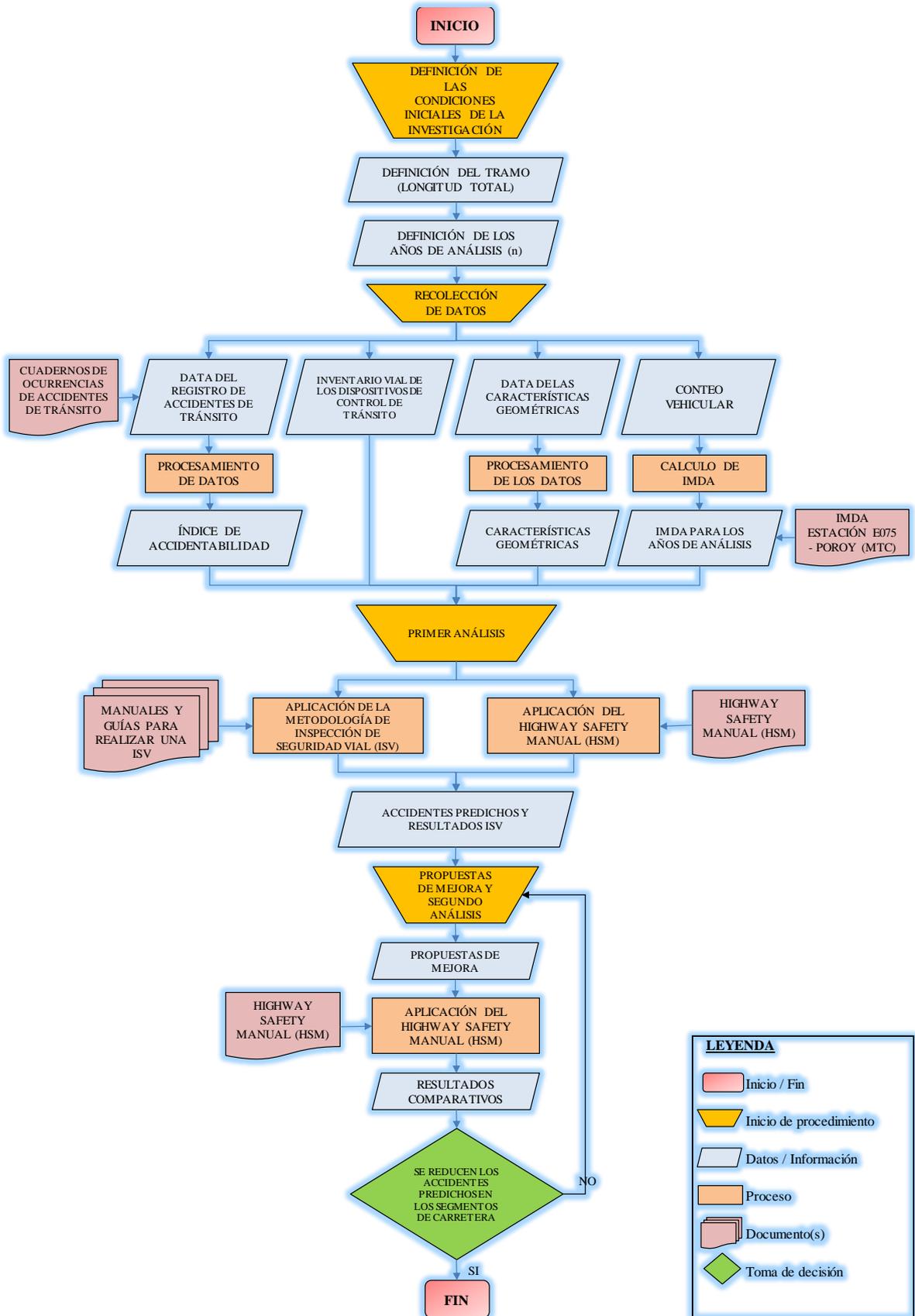
PRIMERO, se procedió a definir las condiciones iniciales de la investigación las cuales son el inicio y fin del tramo a analizar y los años de análisis (pasados y futuros).

Como SEGUNDA etapa se procedió con la recolección de datos, registrando data para obtener las características geométricas y la cantidad y tipo de dispositivos de control de tránsito, mediante un inventario vial; también se hizo la recopilación de la cantidad y tipo de accidentes registrados en la vía, así mismo se hizo una recopilación del Índice Medio Diario Anual (IMDA) registrado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, como complemento a este dato se hizo un conteo vehicular de la vía para obtener otro IMDA que nos permita, por interpolación, obtener datos necesarios para los años de análisis.

La TERCERA etapa consistió en un primer análisis de los datos, evaluando los resultados e identificando los tramos donde se propondrán las mejoras, utilizando la metodología de Inspección de Seguridad Vial (ISV) y el Highway Safety Manual (HSM).

En la CUARTA etapa se procedió con el segundo análisis procesando las propuestas de mejora y evaluando de forma comparativa los resultados haciendo uso del HSM mediante su método predictivo y la aplicación de los Factores de Modificación de accidentes (FMAs).

Figura N° 18. Flujoograma del Diseño de Ingeniería



Fuente: Elaboración propia.



3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.1 POBLACIÓN

3.3.1.1 DESCRIPCIÓN DE LA POBLACIÓN

Primero se define población como: “Un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación” (Arias, 2012, pág. 81)

Dada la definición se consideró como la población al conjunto de segmentos de carretera, que conforman el tramo entre la Av. Antonio Lorena y el distrito de Poroy de la Carretera Nacional PE-3S.

3.3.1.2 CUANTIFICACIÓN DE LA POBLACIÓN

La población definida en la investigación está conformada por 54 segmentos de carretera que hacen un total de 13.1 Km, donde cada segmento tiene una longitud variable de acuerdo a sus condiciones.

3.3.2 MUESTRA

3.3.2.1 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Se define la muestra como un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible, siendo una muestra representativa aquella que por su tamaño y características similares a las del conjunto, permite hacer inferencias o generalizar los resultados al resto de la población. (Arias, 2012, pág. 83)

Por la no tan excesiva cantidad de unidades que conforman la población, se toma la muestra como el total de ellas, siendo la muestra que se toma para esta investigación los segmentos de carretera que conforman el tramo comprendido entre la Av. Antonio Lorena y el distrito de Poroy de la Carretera Nacional PE-3S.

3.3.2.2 CUANTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

La muestra comprende los segmentos de carretera que conforman el tramo Av. Antonio Lorena y el distrito de Poroy de la Carretera Nacional PE-3S, siendo cada segmento con una longitud variable pero que en su conjunto hacen un total de 13.1 Km.

Tabla N° 10. Muestras (Segmentos) de Carretera a Evaluar.

Segmento	PROGRESIVA		Longitud de segmento [m]	Segmento	PROGRESIVA		Longitud de segmento [m]
	INICIO	FIN			INICIO	FIN	
S-01	954+000	954+160	160	S-28	960+450	960+650	200
S-02	954+160	954+400	240	S-29	960+650	960+850	200
S-03	954+400	954+600	200	S-30	960+850	961+150	300
S-04	954+600	954+850	250	S-31	961+150	961+350	200
S-05	954+850	955+100	250	S-32	961+350	961+600	250
S-06	955+100	955+350	250	S-33	961+600	962+000	400
S-07	955+350	955+600	250	S-34	962+000	962+200	200
S-08	955+600	955+800	200	S-35	962+200	962+400	200
S-09	955+800	956+000	200	S-36	962+400	962+650	250
S-10	956+000	956+250	250	S-37	962+650	962+850	200
S-11	956+250	956+500	250	S-38	962+850	963+150	300
S-12	956+500	956+700	200	S-39	963+150	963+450	300
S-13	956+700	956+900	200	S-40	963+450	963+650	200
S-14	956+900	957+100	200	S-41	963+650	963+850	200
S-15	957+100	957+300	200	S-42	963+850	964+100	250
S-16	957+300	957+550	250	S-43	964+100	964+300	200
S-17	957+550	957+800	250	S-44	964+300	964+500	200
S-18	957+800	958+000	200	S-45	964+500	964+700	200
S-19	958+000	958+250	250	S-46	964+700	964+900	200
S-20	958+250	958+450	200	S-47	964+900	965+150	250
S-21	958+450	958+750	300	S-48	965+150	965+400	250
S-22	958+750	959+000	250	S-49	965+400	965+700	300
S-23	959+000	959+200	200	S-50	965+700	966+000	300
S-24	959+200	959+500	300	S-51	966+000	966+300	300
S-25	959+500	960+000	500	S-52	966+300	966+550	250
S-26	960+000	960+250	250	S-53	966+550	966+800	250
S-27	960+250	960+450	200	S-54	966+800	967+100	300
				Longitud Total =		13100 m	
				Longitud Total =		13.1 Km	

Fuente: Elaboración propia.

3.3.2.3 MÉTODO DE MUESTREO

El método de muestreo adoptado es el No Probabilístico, definido por (Dr. Hernández Sampieri, Dr. Fernández Collado, & Dra. Baptista Lucio, 2010, pág. 176) Como el subgrupo de la población en la que la elección de los elementos no depende de la probabilidad sino de las características de la investigación y criterio del investigador.

3.3.2.4 CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE LA MUESTRA

Las muestras se definen y evalúan de acuerdo a los lineamientos propuestos en la Metodología de Inspección de Seguridad Vial y el Manual HSM.



3.3.3 CRITERIOS DE INCLUSIÓN

Para evaluar las muestras se utilizó los siguientes criterios.

- Los segmentos de carretera deben poseer características homogéneas en cuanto a su ancho de sección y condición (estado y material) de pavimento.
- No es necesario que todos los segmentos de carretera presenten accidentes de tránsito registrados durante los años de análisis.

3.4 INSTRUMENTOS

3.4.1 INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS

Los instrumentos metodológicos utilizados en el presente trabajo de investigación corresponden a fichas de recolección de datos cuyos formatos se muestran en las secciones siguientes.

3.4.1.1 ACCIDENTALIDAD

Los accidentes de tránsito son registrados por la Policía Nacional del Perú, bajo formatos establecidos por su dependencia de estadística, de la cual se obtuvo la información necesaria para el procesamiento de los datos.

Como se puede observar en la Tabla N° 11 la DIRTEPOL registra mediante variables la información de los accidentes de tránsito como son:

- Clase Accidentes
- Causa de los Accidentes
- Vehículos participantes
- Incidencia Horaria
- Incidencia Diaria
- Cantidad de Víctimas

Estos formatos se presentan a continuación:

Tabla N° 11. Formato Estándar para el Registro de Accidentes por la PNP.

DIRTEPOL CUSCO

FORMATO N° 23 Y 24

VARIABLES	TOTAL	MES 1				...	MES 12			
		Comisaría Independencia	Comisaría Santiago	Comisaría Zarzuela	Comisaría Poroy		Comisaría Independencia	Comisaría Santiago	Comisaría Zarzuela	Comisaría Poroy
I. CLASE ACCIDENTES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Atropello										
Atropello y fuga										
Choque										
Choque y fuga										
Volcadura										
Caida de pasajero										
Despiste										
Despiste y volcadura										
Colisión										
Choque y atropello										
Incendio de vehículo										
Otros										
II. CAUSAS DE LOS ACC.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Exceso de velocidad										
Imprudencia del conductor										
Ebriedad del conductor										
Imprudencia del peatón										
Imprudencia del pasajero										
....										
Vehic. Mal estacionado										
Factor ambiental										
Estado de ebriedad del peaton										
No identifica la causa										
No tiene la certeza de identificar la causa										
Otros										
III. VEHIC. PARTICIPANTES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
VEHICULO MAYOR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Automovil										
Station Wagon										
Camioneta Pick Up										
Camioneta Rural										
Camioneta Panel										
Omnibus										
Camión										
Trayler y semitrayler										
Remolcador										
Vehiculo no identificado										
VEHICULO MENOR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Bicicleta										
Furgoneta										
Triciclo										
Moto										
Motocar										
Vehiculo no identificado										
Otros										
IV. INCIDENCIA HORARIA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
08 - 14 Hrs.										
14 - 20 Hrs.										
20 - 02 Hrs.										
02 - 08 Hrs.										
V. INCIDENCIA DIARIA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Lunes										
Martes										
Miercoles										
Jueves										
Viernes										
Sabado										
Domingo										
VI. CANTIDAD DE VICTIMAS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
VI.i TOTAL MUERTOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Muertos	0 A 5									
	6 A 12									
	13 A 18									
	19 A 25									
	26 A 60									
	60 A MAS									
VI.ii TOTAL HERIDOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Heridos	0 A 5									
	6 A 12									
	13 A 18									
	19 A 25									
	26 A 60									
	60 A MAS									

Fuente: (DIRTEPOL - CUSCO, 2017)

3.4.1.5 INSPECCIÓN DE SEGURIDAD VIAL

Como parte de la Metodología de Inspección de Seguridad Vial se presenta en la Tabla N° 16 una Lista de Chequeo (Check List) que recoge interrogantes que se responden con las condiciones y características de la vía.

Tabla N° 16. Formato de Lista de Chequeo (Check List) para la ISV.

CHECK LIST PARA INSPECCIÓN DE SEGURIDAD VIAL (ISV)					
Tema y Pregunta		SI	NO	Comentario	
SECCIONES DE CARRETERA					
Alineamiento Horizontal y Vertical	1	¿El diseño horizontal esta de acorde con la velocidad esperada de los vehículos?			
	2	¿La combinación de alineamiento horizontal y vertical de la vía es adecuada para la seguridad de sus conductores?			
	3	¿La combinación de elementos que conforman el diseño horizontal y vertical sigue la practica estándar de diseño geométrico?			
	4	¿El diseño vertical es consistente y apropiado?			
	5	¿El diseño horizontal es consistente y apropiado?			
Sección Transversal Típica	6	¿El ancho de la sección transversal esta de acorde con los estándares de diseño y con la función de la vía ?			
	7	¿ El ancho de los carriles es adecuado en relación con el transito que servirá; la velocidad de operación, el alineamiento, la combinación de velocidad y transito?			
	8	¿El peralte es adecuado y suficiente en todos los lugares en que es requerido?			
	9	¿Si alguna curva tiene un contra- peralte, se encuentra este dentro de los limites apropiados?			
	10	¿Se han previsto facilidades para peatones y ciclistas?			
			
Otros Usuarios de	62	¿Los sistemas de contención tipo Barrera de Seguridad están instaladas donde son necesarios?			
	63	¿La longitud de cada Barrera de Seguridad instalada es adecuada?			
	64	¿Existen riesgos para el peatón en cruces, en el borde de la vía, u otro lugar?			
	65	¿Existen riesgos para ciclistas?			
	66	¿Los cruces de peatones están adecuadamente señalizados?			

Fuente: (CPS Ingenieros, 2014)

Elaboración propia

3.4.1.6 HSM – HIGHWAY SAFETY MANUAL

Para la aplicación del Método Predictivo del HSM se hace uso de las hojas de trabajo presentes en el Manual, estas se presentan en las Tablas siguientes:

Tabla N° 17. Hojas de Trabajo para Desarrollar el Método predictivo del Highway Safety Manual.

Hoja de trabajo 1B - Factores de Modificación de Accidentes para Segmentos de Carretera												
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
FMA para Ancho de Carril	FMA para Ancho y Tipo de Berma	FMA para Curva Horizontal: longitud	FMA para Curva Horizontal: peralte	FMA para Pendiente Longitudinal	FMA para Densidad de Accesos	FMA para Banda sonora en el separador central	FMA para Carril de Paso	FMA para Carril de Giro a la Izquierda	FMA para Diseño de Carretera	FMA para Iluminación	FMA para Regulación Automatizada de velocidad	Combinación de FMAs
FMA _{1c}	FMA _{2c}	FMA _{3c}	FMA _{4c}	FMA _{5c}	FMA _{6c}	FMA _{7c}	FMA _{8c}	FMA _{9c}	FMA _{10c}	FMA _{11c}	FMA _{12c}	FMA _{COMB}

Hoja de trabajo 1C - Accidentes en Segmentos de una Carretera							
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Nivel de Severidad del Accidente	N _{pfsc}	Parámetro de sobredispersión, k	Distribución por severidad de accidente	N _{pfsc} por Distribución de Severidad	FMAs combinados	Factor de calibración, C _c	Frecuencia promedio de accidentes predichos, N _{predicho sc} (5) ⁶ (6) ⁷
	Ecuación 10-6	Ecuación 10-7	Cuadro 10-6	(2) _{TOTAL} * (4)	(13) de Hoja de trabajo 1B		
Total			1.000				
Fatal y lesiones (FL)	-	-	0.321				
Solo Daño a la Propiedad (SDP)	-	-	0.679				

Hoja de trabajo 1D - Accidentes por nivel de severidad y tipo de colisión para Segmentos de una Carretera						
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Tipo de Accidente	Proporción de Tipo de Colisión (TOTAL)	N _{predicho sc} (TOTAL) (accidentes/año)	Proporción de Tipo de Colisión (FL)	N _{predicho sc} (FL) (accidentes/año)	Proporción de Tipo de Colisión (SDP)	N _{predicho sc} (SDP) (accidentes/año)
	Cuadro 10-7	(8) _{TOTAL} de Hoja de trabajo 1C	Cuadro 10-7	(8) _{FL} de Hoja de trabajo 1C	Cuadro 10-7	(8) _{SDP} de Hoja de trabajo 1C
Total	1.000	(2) * (3) _{TOTAL}	1.000	(4) * (5) _{FL}	1.000	(6) * (7) _{SDP}

UN SOLO VEHÍCULO						
Colisión con animal(es)	0.121		0.038		0.184	
Colisión con bicicleta(s)	0.002		0.004		0.001	
Colisión con peatón(es)	0.003		0.007		0.001	
Volcadura	0.025		0.037		0.015	
Despiste	0.521		0.545		0.505	
Otros	0.021		0.007		0.029	
Accidentes totales de un solo vehículo	0.693		0.638		0.735	

MÚLTIPLES VEHÍCULOS						
Colisión en ángulo	0.085		0.100		0.072	
Colisión frontal	0.016		0.034		0.003	
Colisión posterior	0.142		0.164		0.122	
Colisión lateral	0.037		0.038		0.038	
Otros	0.027		0.026		0.030	
Accidentes totales de múltiples vehículos	0.307		0.362		0.265	

Hoja de trabajo 1E - Resumen de resultados para segmentos de una carretera				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Nivel de severidad del accidente	Distribución de por severidad del accidente	Frecuencia promedio de accidentes predichos (accidentes/año)	Longitud de segmento de carretera (mi)	Tasa de accidentes (accidentes/mi/año)
	(4) de Hoja de trabajo 1C	(8) de Hoja de trabajo 1C		(3)/(4)
Total				
Fatal y lesiones (FL)				
Solo Daño a la Propiedad (SDP)				

Hoja de trabajo 4A - Accidentes predichos y observados por severidad y tipo de sitio usando el Método EB												
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
Tipo de sitio	Frecuencia promedio de accidentes predichos (accidentes/año)			Accidentes observados, N _{observado} (accidentes/año)	Parámetro de sobredispersión, k	N _{predicho w0}	N _{predicho w1}	W ₀	N ₀	W ₁	N ₁	N _{esperado/c} omb
	N _{predicho (TOTAL)}	N _{predicho (FL)}	N _{predicho (SDP)}			Ecuación A-8 (6) ² (2) ²	Ecuación A-9 sqrt((6) ² (2))	Ecuación A-10	Ecuación A-11	Ecuación A-12	Ecuación A-13	Ecuación A-14
SEGMENTOS DE CARRETERA												
Segmento 1				-				-	-	-	-	-
Segmento 2				-				-	-	-	-	-
Segmento 3				-				-	-	-	-	-
Segmento 4				-				-	-	-	-	-
Segmento 5				-				-	-	-	-	-
COMBINACIÓN (suma de la columna)				-				-	-	-	-	-

Hoja de trabajo 4B - Resumen de resultados del Método EB		
(1)	(2)	(3)
Nivel de severidad de accidente	$N_{predicho}$	$N_{esperado}$
Total	(2) _{COMB} de Hoja de trabajo 4A	(8) _{COMB} de Hoja de trabajo 4A
Fatal y Lesiones (FL)	(3) _{COMB} de Hoja de trabajo 4A	(3) _{TOTAL} * (2) _{FL} / (2) _{TOTAL}
Solo Daño a la Propiedad (SDP)	(4) _{COMB} de Hoja de trabajo 4A	(3) _{TOTAL} * (2) _{SDP} / (2) _{TOTAL}

Fuente: (HSM, 2010)

3.4.2 INSTRUMENTOS DE INGENIERÍA

Los instrumentos de ingeniería utilizados en la tesis corresponden a herramientas y equipos empleados para la recolección de datos y software que se manejó para el procesamiento de los datos, estos se detallan a continuación:

Herramientas y equipos:

- GPS (navegador)
- Wincha
- Cámara filmadora
- Eclímetro
- Estación Total

Software:

- AutoCAD®
- AutoCAD Civil 3D®
- Google Earth Pro
- Microsoft Excel



3.5 PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.5.1 ACCIDENTALIDAD

A. Base de datos utilizados

Para este apartado se realizó la recopilación de accidentes de tránsito registrados en el tramo estudiado y se utiliza el formato de registro presentado en la Tabla N° 11, la data tiene como fuente la base de datos que maneja la “DIRTEPOL - Cusco”, en su división de Estadística, a la cual se tuvo acceso mediante una solicitud dirigida a esta dependencia policial.

Los datos a utilizar corresponden a los registros de las comisarías cuya jurisdicción abarca el tramo de vía estudiado, estas son las comisarías de Zarzuela, Santiago, Independencia y Poroy.

B. Procedimiento

Se procesan los datos proporcionados por la DIRTEPOL, y se filtran los registros de manera que se identifiquen los accidentes registrados por las comisarías mencionadas en el apartado anterior y que se hayan suscitado en la vía, estos serán asentados en el formato de registro mostrado en la Tabla N° 11.

C. Toma de datos

Los datos recopilados por la Dirección Territorial de la Policía Nacional del Perú - Cusco - División Estadística se muestran en el **ANEXO – 01. Accidentes registrados por la Policía Nacional del Perú.**

En la tabla N° 18 se muestra un resumen de los datos obtenidos entre accidentes fatales y no fatales registrados entre los años 2012-2016, los cuales han sido ordenados para la mejor comprensión.

Tabla N° 18. Accidentes Fatales, No Fatales y Totales Registrados entre los Años 2012 y 2016.

VARIABLES	FATALES					NO FATALES					TOTALES						
	2012	2013	2014	2015	2016	2012	2013	2014	2015	2016	2012	2013	2014	2015	2016	TOTAL	%
I. CLASE de ACCIDENTES	15	8	4	6	24	68	123	138	152	177	83	131	142	158	201	715	100%
Atropello	9	3	1	2	10	26	41	42	44	75	35	44	43	46	85	253	35%
Choque	2	1	1	4	6	28	45	55	67	72	30	46	56	71	78	281	39%
Choque y fuga	4	1	0	0	0	1	13	21	23	14	5	14	21	23	14	77	11%
Volcadura	0	1	0	0	0	0	0	3	1	0	0	1	3	1	0	5	1%
Caída de pasajero	0	0	0	0	0	0	5	5	5	1	0	5	5	5	1	16	2%
Despiste	0	2	2	0	1	4	10	9	6	7	4	12	11	6	8	41	6%
Otros	0	0	0	0	7	9	9	3	6	8	9	9	3	6	15	42	6%
II. CAUSAS DE LOS ACC.	15	8	4	6	24	68	123	138	152	177	83	131	142	158	201	715	100%
Exceso de velocidad	6	4	0	0	15	3	13	16	35	62	9	17	16	35	77	154	22%
Ebriedad del conductor	1	0	0	3	0	3	19	28	51	76	4	19	28	54	76	181	25%
Imprudencia del conductor	6	4	4	0	0	37	54	61	32	5	43	58	65	32	5	203	28%
Imprudencia del peatón	2	0	0	1	0	1	19	20	28	12	3	19	20	29	12	83	12%
Vía en mal estado	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	2	0%
Señalización defectuosa	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	0%
Otros	0	0	0	1	7	23	18	13	5	22	23	18	13	6	29	89	12%
III. VEHIC. PARTICIPANTES	34	8	5	10	24	74	147	186	246	222	108	155	191	256	246	956	100%
VEHICULO MAYOR	31	7	4	7	23	70	134	163	221	215	101	141	167	228	238	875	92%
Automóvil	15	0	1	2	16	39	84	95	114	104	54	84	96	116	120	470	49%
Station Wagon	0	0	0	3	0	2	0	0	23	62	2	0	0	26	62	90	9%
Camioneta Pick Up	11	2	2	1	0	8	18	25	23	11	19	20	27	24	11	101	11%
Camioneta Rural	5	5	0	0	1	13	11	7	7	4	18	16	7	7	5	53	6%
Ómnibus	0	0	0	1	6	5	8	15	17	12	5	8	15	18	18	64	7%
Camión	0	0	1	0	0	3	10	14	23	18	3	10	15	23	18	69	7%
Trayler y semitrayler	0	0	0	0	0	0	2	6	0	0	0	2	6	0	0	8	1%
Otros Mayor	0	0	0	0	0	0	1	1	14	4	0	1	1	14	4	20	2%
VEHICULO MENOR	3	1	1	3	1	4	13	23	25	7	7	14	24	28	8	81	8%
Bicicleta	1	0	0	0	0	0	1	3	1	0	1	1	3	1	0	6	1%
Motocar	0	0	0	0	1	0	0	0	2	5	0	0	0	2	6	8	1%
Moto	2	1	0	3	0	1	9	14	21	0	3	10	14	24	0	51	5%
Otros Menor	0	0	1	0	0	3	3	6	1	2	3	3	7	1	2	16	2%
IV. INCIDENCIA HORARIA	31	8	4	6	23	68	123	138	152	173	99	131	142	158	196	726	100%
08 - 14 Hrs.	0	3	3	2	8	15	39	45	48	65	15	42	48	50	73	228	31%
14 - 20 Hrs.	14	3	0	3	5	34	40	41	45	53	48	43	41	48	58	238	33%
20 - 02 Hrs.	14	1	1	1	6	9	30	34	20	34	23	31	35	21	40	150	21%
02 - 08 Hrs.	3	1	0	0	4	10	14	18	39	21	13	15	18	39	25	110	15%
V. INCIDENCIA DIARIA	31	8	4	6	23	68	126	138	150	173	99	134	142	156	196	727	100%
Lunes	3	0	0	0	2	7	15	12	4	19	10	15	12	4	21	62	9%
Martes	6	0	0	0	7	14	13	12	14	26	20	13	12	14	33	92	13%
Miércoles	5	6	2	2	0	13	11	13	13	17	18	17	15	15	17	82	11%
Jueves	9	0	1	1	3	5	8	20	21	15	14	8	21	22	18	83	11%
Viernes	8	2	0	2	4	12	19	15	36	32	20	21	15	38	36	130	18%
Sábado	0	0	1	1	2	15	36	42	32	44	15	36	43	33	46	173	24%
Domingo	0	0	0	0	5	2	24	24	30	20	2	24	24	30	25	105	14%
VI. CANTIDAD DE VICTIMAS	23	23	16	16	39	54	106	120	101	130	77	129	136	117	169	628	100%
Muertos Totales	0 A 12	0	1	0	4	0	0	0	0	0	0	1	0	4	0	5	1%
	13 A 18	0	2	2	1	0	0	0	0	0	0	2	2	1	0	5	1%
	19 A 25	3	0	1	0	0	0	0	0	0	3	0	1	0	0	4	1%
	26 A 60	7	4	1	3	8	0	0	0	0	7	4	1	3	8	23	4%
	60 A MAS	0	3	2	1	1	0	0	0	0	0	3	2	1	1	7	1%
Heridos Totales	0 A 12	1	1	2	2	4	4	13	20	17	5	14	22	19	25	85	14%
	13 A 18	12	0	0	2	8	8	11	10	14	20	11	10	16	10	67	11%
	19 A 25	0	4	2	1	2	29	48	41	21	29	52	43	22	51	197	31%
	26 A 60	0	6	4	2	14	13	28	40	42	13	34	44	44	64	199	32%
	60 A MAS	0	2	2	0	2	0	6	9	7	0	8	11	7	10	36	6%

Fuente: (DIRTEPOL - CUSCO, 2017)

Elaboración propia.

3.5.2 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

A. Equipos y Herramientas Utilizados.

Para la toma de los datos para este ítem se han utilizado la data extraída del GPS, nivel, estación total y software de procesamiento tal como AutoCAD Civil 3D®.

B. Procedimiento

En campo se realizó la toma de medida del ancho de carril y berma (izquierdo y derecho), estos valores son registrados en la hoja de registro mostrado en la Tabla N° 12. Los valores de pendiente, radio y longitud de curvatura se extrajeron del procesamiento realizado con el software AutoCAD Civil 3D® donde:

S-01	Segmento de Carretera N° 1
CH-1	Curva Horizontal N° 1
P-1	Pendiente N° 1
CV-1	Curva Vertical N° 1

C. Toma de datos

Tabla N° 19. Características Geométricas de la Vía.

Segmento	Progresiva		Ancho de carril [m]		Ancho de Berma [m]		Curvas Horizontales				Perfil Longitudinal	
	Del Km	Al Km	Izquierdo	Derecho	Izquierda	Derecha	Radio [m]	Longitud [m]	Peralte [%]	Sentido	LCV / LTV [m]	Pendiente [%]
S-01	954+000.0	954+160.0	3.20	3.20	0.70	0.70						
P-1	954+000.0	954+018.8									21.42	-3.4%
CH-1	954+000.0	954+075.1					110	75.1	7.4%	I		
CV-1	954+018.8	954+078.8									60	
P-2	954+078.8	954+140.5									61.68	-0.2%
CV-2	954+140.5	954+190.5									50	
S-02	954+160.0	954+400.0	3.20	3.20	0.70	0.70						
CH-2	954+160.1	954+308.0					105	147.9	7.7%	D		
P-3	954+190.5	954+248.2									57.76	-3.9%
CV-3	954+248.2	954+298.2									50	
P-4	954+298.2	954+468.6									170.43	-1.2%
S-03	954+400.0	954+600.0	3.20	3.20	0.70	0.70						
CV-4	954+468.6	954+568.6									100	
P-5	954+568.6	954+839.4									270.76	2.9%
S-04	954+600.0	954+850.0	3.20	3.20	0.70	0.70						
CH-3	954+619.5	954+657.7					300	38.2	3.6%	I		
CH-4	954+713.9	954+772.4					300	58.5	3.6%	I		
CV-5	954+839.4	954+939.4									100	
S-05	954+850.0	955+100.0	3.20	3.20	0.70	0.70						
P-6	954+939.4	955+215.0									275.59	1.4%



Segmento	Progresiva		Ancho de carril [m]		Ancho de Berma [m]		Curvas Horizontales				Perfil Longitudinal	
	Del Km	Al Km	Izquierdo	Derecho	Izquierda	Derecha	Radio [m]	Longitud [m]	Peralte [%]	Sentido	LCV / LTV [m]	Pendiente [%]
S-06	955+100.0	955+350.0	3.20	3.20	0.70	0.70						
CV-6	955+215.0	955+315.0									100	
P-7	955+315.0	955+725.9									410.91	-0.7%
S-07	955+350.0	955+600.0	3.20	3.20	0.70	0.70						
S-08	955+600.0	955+800.0	3.20	3.20	0.70	0.70						
CH-5	955+638.0	955+668.0					120	30.0	4.8%	I		
CV-7	955+725.9	955+825.9									100	
S-09	955+800.0	956+000.0	3.20	3.20	0.70	0.70						
P-8	955+825.9	955+946.4									120.46	-7.9%
CH-6	955+907.8	955+936.9					500	29.1	2.3%	D		
CV-8	955+946.4	956+026.4									80	
S-10	956+000.0	956+250.0	3.20	3.20	0.70	0.70						
CH-7	956+021.2	956+113.1					500	91.9	2.3%	D		
P-9	956+026.4	956+453.7									427.34	-1.4%
S-11	956+250.0	956+500.0	3.20	3.20	0.70	0.70						
CH-8	956+332.1	956+368.7					500	36.6	2.3%	D		
CH-9	956+432.8	956+475.1					500	42.3	2.3%	I		
CV-9	956+453.7	956+513.7									60	
S-12	956+500.0	956+700.0	3.20	3.20	0.70	0.70						
P-10	956+513.7	956+729.8									216.14	-3.0%
S-13	956+700.0	956+900.0	3.20	3.20	0.70	0.70						
CH-10	956+715.1	956+895.4					280	180.3	4.2%	D		
CV-10	956+729.8	956+829.8									100	
P-11	956+829.8	956+875.2									45.36	-1.1%
CV-11	956+875.2	956+935.2									60	
S-14	956+900.0	957+100.0	3.20	3.20	0.70	0.70						
P-12	956+935.2	957+198.1									262.87	-4.5%
CH-11	956+937.8	956+978.9					300	41.1	3.6%	I		
CH-12	957+024.2	957+062.6					100	38.4	7.7%	D		
CH-13	957+098.3	957+135.7					300	37.4	3.6%	I		
S-15	957+100.0	957+300.0	3.20	3.20	0.70	0.70						
CH-14	957+142.9	957+192.7					500	49.8	2.3%	D		
CV-12	957+198.1	957+258.1									60	
CH-15	957+200.6	957+227.4					300	26.8	3.6%	I		
CH-16	957+248.7	957+275.5					200	26.8	5.0%	D		
P-13	957+258.1	957+370.6									112.52	1.8%
CH-17	957+291.2	957+316.8					100	25.6	7.7%	D		
S-16	957+300.0	957+550.0	3.20	3.20	0.70	0.70						
CH-18	957+328.1	957+369.5					30	41.4	10.0%	I		
CV-13	957+370.6	957+420.6									50	
CH-19	957+387.9	957+453.2					50	65.3	10.0%	I		
P-14	957+420.6	957+508.5									87.92	-6.4%
CV-14	957+508.5	957+608.5									100	
S-17	957+550.0	957+800.0	3.20	3.20	0.70	0.70						
P-15	957+608.5	957+872.7									264.19	-5.0%
CH-20	957+634.2	957+699.6					60	65.4	9.6%	D		
S-18	957+800.0	958+000.0	3.20	3.20	0.70	0.70						
CV-15	957+872.7	957+972.7									100	
CH-21	957+897.5	957+963.9					60	66.4	9.6%	D		
P-16	957+972.7	958+046.8									74.14	-0.6%
CH-22	957+987.8	958+002.2					90	14.4	8.2%	I		
S-19	958+000.0	958+250.0	3.20	3.20	0.70	0.70						
CV-16	958+046.8	958+196.8									150	
CH-23	958+066.5	958+124.4					35	57.9	10.0%	I		
CH-24	958+156.0	958+244.0					65	88.0	9.6%	D		



Segmento	Progresiva		Ancho de carril [m]		Ancho de Berma [m]		Curvas Horizontales				Perfil Longitudinal	
	Del Km	Al Km	Izquierdo	Derecho	Izquierda	Derecha	Radio [m]	Longitud [m]	Peralte [%]	Sentido	LCV / LTV [m]	Pendiente [%]
P-17	958+196.8	958+249.2									52.36	-3.8%
CV-17	958+249.2	958+399.2									150	
S-20	958+250.0	958+450.0	3.20	3.20	0.70	0.70						
CH-25	958+252.5	958+307.4					60	54.9	9.6%	D		
CH-26	958+360.7	958+377.8					120	17.1	7.0%	I		
P-18	958+399.2	958+641.8									242.62	-2.5%
S-21	958+450.0	958+750.0	3.20	3.20	0.70	0.70						
CH-27	958+463.6	958+545.0					120	81.4	7.0%	I		
CH-28	958+604.6	958+718.8					75	114.2	9.1%	I		
CV-18	958+641.8	958+701.8									60	
P-19	958+701.8	958+810.0									108.18	-5.3%
S-22	958+750.0	959+000.0	3.20	3.20	0.70	0.70						
CV-19	958+810.0	958+960.0									150	
P-20	958+960.0	959+687.2									727.18	-3.2%
S-23	959+000.0	959+200.0	3.20	3.20	0.70	0.70						
CH-29	959+071.1	959+103.0					100	31.9	7.7%	D		
S-24	959+200.0	959+500.0	3.20	3.20	0.70	0.70						
CH-30	959+227.4	959+432.8					195	205.4	5.6%	D		
S-25	959+500.0	960+000.0	3.20	3.20	0.70	0.70						
CV-20	959+687.2	959+837.2									150	
P-21	959+837.2	959+855.3									18.13	0.5%
CV-21	959+855.3	959+955.3									100	
P-22	959+955.3	959+981.1									25.80	-5.2%
CV-22	959+981.1	960+081.1									100	
S-26	960+000.0	960+250.0	3.20	3.20	0.70	0.70						
CH-31	960+044.5	960+096.4					100	51.9	0.0%	I		
P-23	960+081.1	960+140.1									58.99	-1.5%
CH-32	960+127.9	960+229.1					160	101.2	6.2%	I		
CV-23	960+140.1	960+290.1									150	
S-27	960+250.0	960+450.0	3.20	3.20	0.70	0.70						
P-24	960+290.1	960+501.7									211.63	-4.6%
CH-33	960+313.8	960+405.7					50	91.9	10.0%	D		
S-28	960+450.0	960+650.0	3.20	3.20	0.70	0.70						
CH-34	960+478.4	960+515.6					25	37.2	10.0%	I		
CV-24	960+501.7	960+651.7									150	
CH-35	960+515.6	960+559.4					30	43.8	10.0%	I		
S-29	960+650.0	960+850.0	3.20	3.20	0.70	0.70						
CH-36	960+650.7	960+760.7					70	110.0	9.1%	D		
P-25	960+651.7	960+856.2									204.43	-3.1%
CH-37	960+801.4	960+830.7					300	29.3	3.6%	I		
S-30	960+850.0	961+150.0	3.90	3.90	0.00	0.00						
CV-25	960+856.2	961+106.2									250	
CH-38	960+876.2	960+906.2					300	30.0	3.6%	D		
CH-39	961+028.6	961+110.4					100	81.8	7.7%	I		
P-26	961+106.2	961+426.0									319.80	4.5%
S-31	961+150.0	961+350.0	6.00	6.00	0.00	0.00						
CH-40	961+228.8	961+299.6					120	70.8	7.0%	D		
S-32	961+350.0	961+600.0	6.00	6.00	0.00	0.00						
CH-41	961+366.5	961+475.5					300	109.0	3.6%	I		
CV-26	961+426.0	961+626.0									200	
S-33	961+600.0	962+000.0	6.00	6.00	0.00	0.00						
CH-42	961+617.3	961+671.4					200	54.1	5.0%	D		



Segmento	Progresiva		Ancho de carril [m]		Ancho de Berma [m]		Curvas Horizontales				Perfil Longitudinal	
	Del Km	Al Km	Izquierdo	Derecho	Izquierda	Derecha	Radio [m]	Longitud [m]	Peralte [%]	Sentido	LCV / LTV [m]	Pendiente [%]
P-27	961+626.0	962+058.8									432.83	5.0%
S-34	962+000.0	962+200.0	6.00	6.00	0.00	0.00						
CH-43	962+015.0	962+051.5					100	36.5	7.7%	I		
CV-27	962+058.8	962+208.8									150	
S-35	962+200.0	962+400.0	6.00	6.00	0.00	0.00						
P-28	962+208.8	962+634.0									425.18	4.3%
CH-44	962+240.0	962+325.6					55	85.6	10.0%	D		
S-36	962+400.0	962+650.0	6.00	6.00	0.00	0.00						
CV-28	962+634.0	962+784.0									150	
S-37	962+650.0	962+850.0	6.00	6.00	0.00	0.00						
CH-45	962+734.9	962+804.9					170	70.0	6.2%	D		
P-29	962+784.0	963+177.4									393.41	2.3%
S-38	962+850.0	963+150.0	6.00	6.00	0.00	0.00						
CH-46	962+856.0	962+938.0					75	82.0	9.1%	I		
CH-47	962+963.8	963+118.9					130	155.1	6.7%	D		
S-39	963+150.0	963+450.0	6.00	6.00	0.00	0.00						
CH-48	963+163.8	963+193.6					250	29.8	4.2%	I		
CV-29	963+177.4	963+327.4									150	
P-30	963+327.4	963+695.6									368.20	4.0%
CH-49	963+341.5	963+417.8					50	76.3	10.0%	D		
S-40	963+450.0	963+650.0	6.00	6.00	0.00	0.00						
CH-50	963+524.6	963+642.0					85	117.4	8.6%	I		
S-41	963+650.0	963+850.0	6.00	6.00	0.00	0.00						
CV-30	963+695.6	963+795.6									100	
CH-51	963+698.1	963+776.6					42	78.5	10.0%	D		
P-31	963+795.6	963+893.8									98.26	6.7%
CH-52	963+799.3	963+821.2					100	21.9	7.7%	I		
S-42	963+850.0	964+100.0	6.00	6.00	0.00	0.00						
CH-53	963+860.1	963+906.5					35	46.4	10.0%	I		
CV-31	963+893.8	963+993.8									100	
CH-54	963+907.8	963+956.5					40	48.7	10.0%	I		
P-32	963+993.8	964+134.1									140.24	5.8%
CH-55	964+033.7	964+050.2					100	16.5	7.7%	D		
S-43	964+100.0	964+300.0	6.00	6.00	0.00	0.00						
CV-32	964+134.1	964+234.1									100	
CH-56	964+144.2	964+156.3					100	12.1	7.7%	D		
P-33	964+234.1	964+311.8									77.71	4.3%
S-44	964+300.0	964+500.0	6.00	6.00	0.00	0.00						
CH-57	964+300.8	964+355.1					50	54.3	10.0%	D		
CV-33	964+311.8	964+371.8									60	
P-34	964+371.8	964+403.2									31.43	2.0%
CV-34	964+403.2	964+463.2									60	
P-35	964+463.2	964+499.2									36.00	5.5%
CV-35	964+499.2	964+559.2									60	
S-45	964+500.0	964+700.0	6.00	6.00	0.00	0.00						
CH-58	964+526.2	964+554.8					100	28.6	7.7%	D		
P-36	964+559.2	964+765.3									206.09	3.9%
CH-59	964+566.1	964+586.3					100	20.2	7.7%	D		
S-46	964+700.0	964+900.0	3.90	3.90	0.00	0.00						
CH-60	964+747.9	964+812.1					40	64.2	10.0%	I		



Segmento	Progresiva		Ancho de carril [m]		Ancho de Berma [m]		Curvas Horizontales				Perfil Longitudinal	
	Del Km	Al Km	Izquierdo	Derecho	Izquierda	Derecha	Radio [m]	Longitud [m]	Peralte [%]	Sentido	LCV / LTV [m]	Pendiente [%]
CV-36	964+765.3	964+825.3									60	
CH-61	964+813.6	964+877.4					45	63.8	10.0%	I		
P-37	964+825.3	964+999.3									174.03	0.2%
S-47	964+900.0	965+150.0	3.90	3.90	0.00	0.00						
CH-62	964+906.7	964+994.5					180	87.8	5.6%	D		
CV-37	964+999.3	965+119.3									120	
CH-63	965+051.2	965+107.4					100	56.2	7.7%	I		
P-38	965+119.3	965+399.6									280.21	3.9%
S-48	965+150.0	965+400.0	3.90	3.90	0.00	0.00						
CH-64	965+173.7	965+283.0					90	109.3	8.2%	D		
CV-38	965+399.6	965+459.6									60	
S-49	965+400.0	965+700.0	3.90	3.90	0.00	0.00						
CH-65	965+422.8	965+432.4					100	9.6	7.7%	I		
P-39	965+459.6	965+477.4									17.87	8.7%
CV-39	965+477.4	965+527.4									50	
CH-66	965+482.6	965+491.4					100	8.8	7.7%	D		
P-40	965+527.4	965+569.6									42.18	0.9%
CV-40	965+569.6	965+649.6									80	
P-41	965+649.6	965+710.4									60.79	5.5%
S-50	965+700.0	966+000.0	3.90	3.90	0.00	0.00						
CV-41	965+710.4	965+810.4									100	
P-42	965+810.4	965+883.8									73.42	4.2%
CH-67	965+867.5	965+923.2					35	55.7	10.0%	I		
CV-42	965+883.8	965+983.8									100	
CH-68	965+924.7	965+980.5					45	55.8	10.0%	I		
P-43	965+983.8	966+128.8									144.99	1.7%
S-51	966+000.0	966+300.0	6.00	6.00	0.00	0.00						
CH-69	966+052.2	966+076.4					300	24.2	3.6%	D		
CH-70	966+093.4	966+121.2					300	27.8	3.6%	I		
CV-43	966+128.8	966+248.8									120	
CH-71	966+136.3	966+210.7					60	74.4	9.6%	D		
CH-72	966+216.5	966+279.2					60	62.7	9.6%	D		
P-44	966+248.8	966+404.1									155.29	8.8%
S-52	966+300.0	966+550.0	6.00	6.00	0.00	0.00						
CV-44	966+404.1	966+444.1									40	
P-45	966+444.1	966+482.2									38.11	1.3%
CV-45	966+482.2	966+582.2									100	
S-53	966+550.0	966+800.0	6.00	6.00	0.00	0.00						
P-46	966+582.2	966+770.8									188.63	2.7%
CV-46	966+770.8	966+870.8									100	
S-54	966+800.0	967+100.0	5.60	5.60	0.00	0.00						
P-47	966+870.8	966+872.2									1.39	4.7%
CV-47	966+872.2	966+972.2									100	
CH-73	966+940.9	966+957.8					200	16.9	5.0%	D		
P-48	966+972.2	967+100.0									132.78	2.4%
CH-74	966+985.5	967+004.0					200	18.5	5.0%	I		

Fuente: Elaboración propia.

3.5.3 CARACTERÍSTICAS Y VOLUMEN DE TRÁNSITO

A. Herramientas y Base de datos utilizados

Se toman los conteos registrados por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) en la estación de conteo de Poroy (E-075). Así mismo se realiza un conteo vehicular utilizando el formato de conteo presentado en la Tabla N° 13, este conteo se realizó en la misma ubicación de la estación E-075.

B. Procedimiento

La cantidad y el tipo de vehículos que transitan en la vía de estudio se han registrado en el formato de la Tabla N° 13 que sigue la clasificación proporcionada por el MTC y el MEF, el conteo se ha realizado por un periodo de tres días durante 24 horas.

C. Toma de Datos

Se presentan los IMDAs recopilados de la plataforma virtual del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, estos valores corresponden a los años 2000, 2002, 2006 y 2010.

Tabla N° 20. Características y Volumen del Tránsito del Periodo (2012 – 2016)

TIPO DE VEHÍCULO	IMDA			
	2000	2002	2006	2010
AUTO	792	433	343	974
STATION WAGON	0	0	1813	3402
PICK UP	305	896	250	579
PANEL	0	0	117	340
COMBI	160	196	202	1268
MICROBÚS	429	440	344	723
BUS 2E	65	79	134	163
BUS 3E	1	8	38	86
CAMIÓN 2E	279	304	314	748
CAMIÓN 3E	38	47	56	396
CAMIÓN 4E	0	3	8	122
SEMI TRAYLER 2S1 Y 2S2	2	27	0	20
SEMI TRAYLER 2S3	0	0	1	51
SEMI TRAYLER 3S1 Y 3S2	0	0	0	7
SEMI TRAYLER 3S3	0	0	25	100
TRAYLER 2T2	0	5	0	6
TRAYLER 2T3	0	0	0	23
TRAYLER 3T2	0	0	0	7
TRAYLER 3T3	0	0	0	6
TOTAL	2071	2438	3645	9021

Fuente: (MTC, 2017)



Tabla N° 21. Conteo y Clasificación Vehicular en la Estación E-075, Ambos Sentidos, días 23, 24 y 25 de Marzo.

FORMATO DE CLASIFICACIÓN VEHICULAR																									
PROYECTO:		ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA EN LA CARRETERA NACIONAL PE-3S TRAMO A.V. ANTONIO LORENA - POROY, APLICANDO LA METODOLOGÍA DE INSPECCIÓN DE SEGURIDAD VIAL Y EL MANUAL HSM																							
Estación de aforo:		E-075 - Poroy										Sentido vehicular:					Ambos sentidos					Hoja N°:		RT-01	
Ubicación:		Km 955 Carretera Nacional PE-3S										Día y Fecha (DD/MM/AA):					23, 24 y 25 de Marzo								
Hora	Auto	Stat. Wagon	Pick Up	Panel	Combi	Micro bús	Bus			Camión			Semi Tráiler					Tráiler					TOTAL		
							2E(B2)	3E(B3)	4E(B4)	2E(C2)	3E(C3)	4E(C4)	2S1 (T2S1)	2S2 (T2S2)	2S3 (T2S3)	3S1 (T3S1)	3S2 (T3S2)	3S3 (T3S3)	2T2 (C2R2)	2T3 (C2R3)	3T2 (C3R2)	3T3 (C3R3)			3T4 (C3R4)
00 - 01	50	99	33	1	43	16	2	2	0	28	7	0	0	0	1	0	0	9	0	0	0	1	0	292	0.72%
01 - 02	31	63	18	1	10	2	2	1	0	26	11	0	0	0	0	0	1	10	0	0	0	0	0	176	0.43%
02 - 03	28	57	13	1	15	7	13	1	0	49	8	1	1	2	2	1	1	4	0	1	0	0	0	204	0.50%
03 - 04	51	103	16	3	40	21	12	13	2	63	4	0	0	0	0	1	4	17	0	1	0	0	0	351	0.86%
04 - 05	108	216	33	1	56	51	10	3	2	77	6	2	0	0	2	0	2	26	0	1	0	1	0	597	1.47%
05 - 06	225	449	64	4	126	119	3	1	0	98	15	1	0	0	0	0	2	26	0	0	1	0	0	1,134	2.79%
06 - 07	448	893	126	5	255	187	5	3	0	115	30	2	2	0	2	0	2	25	0	0	2	1	0	2,103	5.17%
07 - 08	530	1,056	149	6	266	216	1	2	0	101	16	2	2	0	0	0	0	33	0	0	1	6	0	2,387	5.87%
08 - 09	678	1,350	165	9	224	174	5	13	1	108	26	2	2	0	3	0	2	23	0	0	0	0	1	2,786	6.85%
09 - 10	552	1,101	165	2	286	287	7	11	2	137	32	2	5	0	1	0	0	34	0	0	1	0	0	2,625	6.46%
10 - 11	675	1,341	153	3	229	176	4	13	0	141	59	1	1	0	0	0	1	33	2	0	1	1	0	2,834	6.97%
11 - 12	430	858	184	3	205	157	2	16	0	177	54	5	0	1	0	0	4	32	0	0	0	1	0	2,129	5.24%
12 - 13	375	749	138	3	228	143	4	7	0	133	50	2	0	0	0	1	0	25	0	0	1	0	0	1,859	4.57%
13 - 14	476	945	163	5	273	139	6	14	0	141	47	5	0	1	1	0	1	36	0	0	0	0	0	2,253	5.54%
14 - 15	424	844	167	2	279	132	21	24	0	130	71	3	0	0	0	0	0	27	0	0	0	2	1	2,127	5.23%
15 - 16	408	812	162	10	268	120	1	16	0	124	54	0	0	2	2	1	1	39	0	0	1	2	0	2,023	4.98%
16 - 17	452	900	205	2	324	137	1	17	0	115	59	2	0	1	2	0	1	34	0	0	0	0	0	2,252	5.54%
17 - 18	796	1,586	232	2	371	139	7	14	0	110	33	0	0	2	1	0	1	46	0	1	0	2	0	3,343	8.22%
18 - 19	479	953	172	8	362	312	9	17	1	98	30	2	0	0	1	0	1	24	0	0	2	2	0	2,473	6.08%
19 - 20	467	933	115	7	351	270	11	6	2	105	41	0	0	1	0	0	0	21	0	0	1	0	0	2,331	5.73%
20 - 21	410	818	99	0	232	203	11	12	1	89	26	1	0	0	0	0	1	10	0	0	0	0	2	1,915	4.71%
21 - 22	287	572	83	5	159	148	12	12	1	70	12	0	0	0	0	0	0	14	1	0	1	0	0	1,377	3.39%
22 - 23	159	316	49	4	75	68	11	3	0	47	14	1	0	0	0	0	1	16	0	1	0	0	0	765	1.88%
23 - 24	64	128	32	2	27	5	2	0	0	33	6	2	0	0	0	0	0	9	0	1	1	0	0	312	0.77%
TOTAL	8,603	17,142	2,736	89	4,704	3,229	162	221	12	2,315	711	36	13	9	18	4	26	573	3	6	13	19	4	40,648	100%
	21.16%	42.17%	6.73%	0.22%	11.57%	7.94%	0.40%	0.54%	0.03%	5.70%	1.75%	0.09%	0.03%	0.02%	0.04%	0.01%	0.06%	1.41%	0.01%	0.01%	0.03%	0.05%	0.01%	100%	

Fuente: Elaboración propia.

Se muestra el compilado del conteo y clasificación vehicular realizado los días 23, 24 y 25 de Marzo; las hojas de conteo detalladas por día y sentido de circulación se muestran en el ANEXO 02 – Conteo y Clasificación vehicular.

3.5.4 CARACTERÍSTICAS Y ENTORNO DE LA VÍA

A. Equipos y Herramientas utilizados

Para realizar el inventario de las características geométricas y entorno del tramo a estudiar, se utilizó las guías de observación que se muestran en las Tabla N° 14 y 15, además de una wincha, un GPS navegador, una libreta de campo, un lapicero y una cámara filmadora.

B. Procedimiento

El tipo de material de la superficie de rodadura y su estado de conservación se registran en la guía de observación de las Tablas N° 14 y 15.

Los dispositivos de control de tránsito (señales verticales y horizontales, reductores de velocidad), así como la presencia de sistemas de contención (barreras de seguridad); serán registradas en la Tabla N° 23.

C. Toma de Datos

Tabla N° 22. Características y Entorno de la Vía

Progresiva	Tipo de Superficie	Estado de Transitabilidad	Ancho de plataforma [m]	Coordenadas UTM				Obras de Arte, Drenaje, Señalización, C.Poblado, hitos, otros
				Norte [m]	Este [m]	Zona	Altitud [m]	
954+000	AS	B	7.8	8506583.0	169197.6	18L	3526.9	hito
954+000	AS	B	7.8	8506592.4	169148.9	18L	3525.4	teléfono de emergencia
954+080	AS	B	7.8	8506610.6	169270.7	18L	3528.5	SV camino sinuoso
954+160	AS	B	7.8	8506661.2	169332.6	18L	3529.0	curva derecha
954+300	AS	B	7.8	8506663.4	169462.1	18L	3532.9	curva izquierda
954+340	AS	B	7.8	8506637.6	169492.6	18L	3533.5	SV intersección en Y
954+500	AS	B	7.8	8506534.0	169614.6	18L	3534.9	Grifo Primax
954+580	AS	B	7.8	8506482.4	169675.7	18L	3533.5	curva derecha
954+870	AS	B	7.8	8506336.1	169923.6	18L	3524.8	G. A&V
955+100	AS	B	7.8	8506246.0	170135.2	18L	3522.4	G. Snt. Rosa
955+460	AS	B	7.8	8506097.5	170463.1	18L	3521.9	SV zona urbana
955+460	AS	B	7.8	8506099.7	170458.6	18L	3521.9	SV zona escolar
955+500	AS	B	7.8	8506080.2	170499.1	18L	3522.0	SV resalto
955+540	AS	B	7.8	8506063.0	170535.2	18L	3521.9	alcantarilla
955+550	AS	B	7.8	8506058.7	170544.3	18L	3521.7	puente peatonal Poroy
955+560	AS	B	7.8	8506054.5	170553.3	18L	3521.4	SV control
955+760	AS	B	7.8	8505995.4	170742.9	18L	3525.3	SV control
955+920	AS	B	7.8	8505965.6	170900.1	18L	3536.2	SV vel. Max. 30 Km/h
955+940	AS	B	7.8	8505961.0	170919.6	18L	3537.0	alcantarilla
955+940	AS	B	7.8	8505960.4	170922.0	18L	3537.1	SV zona urbana
956+000	AS	B	7.8	8505946.5	170977.8	18L	3540.1	hito
956+020	AS	B	7.8	8505941.7	170997.2	18L	3540.5	curva izquierda
956+120	AS	B	7.8	8505908.2	171091.3	18L	3542.4	curva derecha
956+360	AS	B	7.8	8505807.7	171309.2	18L	3545.5	Grifo



Progresiva	Tipo de Superficie	Estado de Transitableidad	Ancho de plataforma [m]	Coordenadas UTM				Obras de Arte, Drenaje, Señalización, C.Poblado, hitos, otros
				Norte [m]	Este [m]	Zona	Altitud [m]	
956+440	AS	B	7.8	8505769.8	171379.7	18L	3547.1	G. REPSOL
956+580	AS	B	7.8	8505711.5	171506.9	18L	3549.2	SV vel. Max. 35 Km/h
956+600	AS	B	7.8	8505703.4	171525.2	18L	3549.4	alcantarilla
956+600	AS	B	7.8	8505703.6	171524.9	18L	3549.4	cuneta
956+840	AS	B	7.8	8505575.3	171724.9	18L	3557.0	alcantarilla
956+860	AS	B	7.8	8505567.7	171731.4	18L	3557.0	curva derecha
956+980	AS	B	7.8	8505455.0	171796.1	18L	3561.8	curva izquierda
957+000	AS	B	7.8	8505439.0	171808.0	18L	3561.9	hito
957+100	AS	B	7.8	8505347.8	171845.8	18L	3565.6	curva derecha
957+260	AS	B	7.8	8505195.3	171893.9	18L	3571.7	cuneta
957+260	AS	B	7.8	8505195.6	171893.9	18L	3571.7	alcantarilla
957+300	AS	B	7.8	8505141.3	171903.0	18L	3570.9	curva en U
957+480	AS	B	7.8	8505141.5	172011.7	18L	3575.3	curva en U
957+485	AS	B	7.8	8505145.8	172014.2	18L	3575.6	SV vel. Max. 35 Km/h
957+620	AS	B	7.8	8505264.1	172079.2	18L	3581.5	curva izquierda
957+720	AS	B	7.8	8505307.1	172160.4	18L	3588.3	curva derecha
957+960	AS	B	7.8	8505272.3	172389.0	18L	3598.0	SV paradero Huampar
957+960	AS	B	7.8	8505271.6	172389.4	18L	3598.0	cuneta
957+960	AS	B	7.8	8505270.8	172389.8	18L	3598.0	alcantarilla
958+000	AS	B	7.8	8505236.6	172407.0	18L	3598.7	hito
958+340	AS	B	7.8	8505110.3	172631.0	18L	3605.9	SV camino sinuoso
958+340	AS	B	7.8	8505105.3	172631.5	18L	3606.0	SV paradero
958+345	AS	B	7.8	8505104.5	172631.5	18L	3606.0	alcantarilla
958+360	AS	B	7.8	8505090.3	172630.4	18L	3607.3	cuneta
958+400	AS	B	7.8	8505050.5	172635.0	18L	3609.2	G. Primax
958+580	AS	B	7.8	8504892.5	172705.5	18L	3612.8	curva izquierda
958+740	AS	B	7.8	8504891.2	172841.8	18L	3619.1	curva derecha
958+760	AS	B	7.8	8504904.7	172856.6	18L	3620.4	SV no adelantar
959+000	AS	B	7.8	8505072.2	173028.5	18L	3630.2	hito
959+120	AS	B	7.8	8505148.6	173119.7	18L	3633.5	cuneta
959+340	AS	B	7.8	8505214.9	173325.2	18L	3641.2	mob paradero
959+425	AS	B	7.8	8505187.3	173404.7	18L	3644.3	alcantarilla
959+460	AS	B	7.8	8505167.9	173433.8	18L	3644.8	curva derecha
959+540	AS	B	7.8	8505123.3	173500.2	18L	3648.3	sv resalto
959+560	AS	B	7.8	8505112.5	173517.1	18L	3648.8	sv resalto próximo
959+560	AS	B	7.8	8505112.7	173519.0	18L	3648.8	cuneta
959+620	AS	B	7.8	8505079.5	173567.2	18L	3650.0	alcantarilla
959+820	AS	B	7.8	8504965.5	173731.5	18L	3655.1	mob paradero
959+825	AS	B	7.8	8504962.2	173735.3	18L	3655.1	SV paradero cusqueña
959+825	AS	B	7.8	8504961.4	173736.3	18L	3655.1	alcantarilla
959+860	AS	B	7.8	8504941.8	173763.7	18L	3654.7	SV resalto
959+865	AS	B	7.8	8504939.0	173767.9	18L	3654.5	Paso de cebra
959+880	AS	B	7.8	8504931.1	173780.6	18L	3654.1	SV paradero
959+880	AS	B	7.8	8504930.3	173781.8	18L	3654.0	alcantarilla
960+000	AS	B	7.8	8504864.9	173880.8	18L	3659.1	hito
960+020	AS	B	7.8	8504853.4	173897.1	18L	3659.5	SV resalto
960+040	AS	B	7.8	8504842.3	173913.8	18L	3659.9	SV paradero
960+100	AS	B	7.8	8504810.4	173964.5	18L	3661.3	alcantarilla
960+425	AS	B	7.8	8504705.2	174220.6	18L	3672.4	curva en U
960+480	AS	B	7.8	8504651.0	174211.2	18L	3674.6	SV vel. Max. 35 Km/h
960+560	AS	B	7.8	8504643.2	174265.2	18L	3678.5	cuneta
960+585	AS	M	7.8	8504666.4	174274.7	18L	3679.8	curva en U

Progresiva	Tipo de Superficie	Estado de Transitabilidad	Ancho de plataforma [m]	Coordenadas UTM				Obras de Arte, Drenaje, Señalización, C.Poblado, hitos, otros
				Norte [m]	Este [m]	Zona	Altitud [m]	
960+700	AS	M	7.8	8504763.3	174330.8	18L	3683.6	hito
960+855	AS	M	7.8	8504736.3	174478.2	18L	3689.2	SV vel. Max 35 Km/h
960+865	AS	M	7.8	8504738.3	174479.1	18L	3689.2	SV paradero
960+900	AS	M	7.8	8504723.3	174521.2	19L	3689.9	SV resalto
960+905	AS	M	7.8	8504722.0	174526.1	19L	3690.0	SV no adelantar
961+000	AS	M	7.8	8504687.4	174614.6	19L	3689.4	hito
961+080	AS	M	7.8	8504671.6	174691.6	19L	3687.8	cuneta
961+360	AS	R	12	8504732.3	174956.4	19L	3673.6	mob paradero reservorio
961+800	AS	R	12	8504763.1	175391.7	19L	3655.1	mob paradero
962+305	AS	R	12	8504797.8	175880.7	19L	3629.1	mob paradero
962+305	AS	R	12	8504797.0	175880.7	19L	3629.1	SV cruce peatonal
962+445	AS	R	12	8504666.8	175929.0	19L	3624.0	SV cruce peatonal
963+910	AS	R	12	8503642.0	175715.6	19L	3568.4	sumidero
964+000	AS	R	12	8503565.4	175750.0	19L	3562.9	mob paradero
964+220	AS	R	7.8	8503268.9	175687.1	19L	3546.0	mob paradero
964+900	AS	M	7.8	8502972.3	175624.2	19L	3529.0	cuneta
965+000	AS	M	7.8	8502974.7	175722.9	19L	3528.7	hito
965+480	AS	R	7.8	8502808.2	176113.4	19L	3509.8	puente peatonal
965+510	AS	R	7.8	8502784.6	176131.9	19L	3507.5	paradero indep
965+580	AS	R	7.8	8502728.7	176174.0	19L	3506.5	G. REPSOL
965+685	AS	R	7.8	8502647.0	176240.0	19L	3501.8	SV camino sinuoso
966+040	AS	R	12	8502608.6	176397.3	19L	3488.5	G. PECSA
966+250	AS	R	12	8502784.4	176415.5	19L	3482.0	SV derecha y seguir adelan
966+425	AS	R	12	8502735.8	176582.4	19L	3465.7	semáforo
966+480	AS	R	12	8502718.5	176634.6	19L	3465.0	mob paradero
966+725	AS	R	12	8502639.9	176866.6	19L	3458.6	semáforo
966+820	AS	R	11.2	8502610.6	176957.0	19L	3456.8	SV. Prohibido voltear en U

LEYENDA:

Tipo de Superficie	Asfalto: AS	Afirmado: AF	Sin Afirmar: S	Trocha: T
Est. Transitabilidad	Bueno: B	Regular: R	Malo: M	
Obras Arte y Drenaje	Puentes	Badenes	Alcantarillas	Cunetas
Centro Poblados (CP)	Centros Poblados que definen la Trayectoria de la Ruta			
Señalización	Hito Kilométrico	S. Preventiva		S. Informativa

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 23. Entorno y Componentes de la Vía

Segmento	Progresiva		Accesos	Banda sonora central	Carril de Paso	Carril de giro a la izquierda	Iluminación	Regulación Automatizada de velocidad
	Del Km	Al Km						
S-01	954+000.0	954+160.0	1	No Existe	No Existe	No Existe	No Existe	No Existe
S-02	954+160.0	954+400.0	3	No Existe	No Existe	No Existe	No Existe	No Existe
S-03	954+400.0	954+600.0	0	No Existe	No Existe	No Existe	No Existe	No Existe
S-04	954+600.0	954+850.0	1	No Existe	No Existe	No Existe	No Existe	No Existe
S-05	954+850.0	955+100.0	1	No Existe	No Existe	No Existe	No Existe	No Existe
S-06	955+100.0	955+350.0	1	No Existe	No Existe	No Existe	Existe	No Existe
S-07	955+350.0	955+600.0	3	No Existe	No Existe	No Existe	Existe	No Existe
S-08	955+600.0	955+800.0	3	No Existe	No Existe	No Existe	Existe	No Existe
S-09	955+800.0	956+000.0	0	No Existe	No Existe	No Existe	Existe	No Existe
S-10	956+000.0	956+250.0	0	No Existe	No Existe	No Existe	No Existe	No Existe
S-11	956+250.0	956+500.0	1	No Existe	No Existe	No Existe	No Existe	No Existe
S-12	956+500.0	956+700.0	2	No Existe	No Existe	No Existe	No Existe	No Existe



Segmento	Progresiva		Accesos	Banda sonora central	Carril de Paso	Carril de giro a la izquierda	Iluminación	Regulación Automatizada de velocidad
	Del Km	Al Km						
S-13	956+700.0	956+900.0	0	No Existe	No Existe	No Existe	No Existe	No Existe
S-14	956+900.0	957+100.0	0	No Existe	No Existe	No Existe	No Existe	No Existe
S-15	957+100.0	957+300.0	0	No Existe	No Existe	No Existe	No Existe	No Existe
S-16	957+300.0	957+550.0	2	No Existe	No Existe	No Existe	No Existe	No Existe
S-17	957+550.0	957+800.0	0	No Existe	No Existe	No Existe	No Existe	No Existe
S-18	957+800.0	958+000.0	1	No Existe	No Existe	No Existe	No Existe	No Existe
S-19	958+000.0	958+250.0	0	No Existe	No Existe	No Existe	Existe	No Existe
S-20	958+250.0	958+450.0	0	No Existe	No Existe	No Existe	Existe	No Existe
S-21	958+450.0	958+750.0	1	No Existe	No Existe	No Existe	Existe	No Existe
S-22	958+750.0	959+000.0	0	No Existe	No Existe	No Existe	Existe	No Existe
S-23	959+000.0	959+200.0	1	No Existe	No Existe	No Existe	Existe	No Existe
S-24	959+200.0	959+500.0	4	No Existe	No Existe	No Existe	Existe	No Existe
S-25	959+500.0	960+000.0	6	No Existe	No Existe	No Existe	Existe	No Existe
S-26	960+000.0	960+250.0	3	No Existe	No Existe	No Existe	No Existe	No Existe
S-27	960+250.0	960+450.0	1	No Existe	No Existe	No Existe	No Existe	No Existe
S-28	960+450.0	960+650.0	2	No Existe	No Existe	No Existe	No Existe	No Existe
S-29	960+650.0	960+850.0	0	No Existe	No Existe	No Existe	No Existe	No Existe
S-30	960+850.0	961+150.0	5	No Existe	No Existe	No Existe	No Existe	No Existe
S-31	961+150.0	961+350.0	3	No Existe	No Existe	No Existe	Existe	No Existe
S-32	961+350.0	961+600.0	4	No Existe	No Existe	No Existe	Existe	No Existe
S-33	961+600.0	962+000.0	6	No Existe	No Existe	No Existe	Existe	No Existe
S-34	962+000.0	962+200.0	4	No Existe	No Existe	No Existe	Existe	No Existe
S-35	962+200.0	962+400.0	4	No Existe	No Existe	No Existe	Existe	No Existe
S-36	962+400.0	962+650.0	1	No Existe	No Existe	No Existe	Existe	No Existe
S-37	962+650.0	962+850.0	2	No Existe	No Existe	No Existe	Existe	No Existe
S-38	962+850.0	963+150.0	3	No Existe	No Existe	No Existe	Existe	No Existe
S-39	963+150.0	963+450.0	2	No Existe	No Existe	No Existe	Existe	No Existe
S-40	963+450.0	963+650.0	1	No Existe	No Existe	No Existe	Existe	No Existe
S-41	963+650.0	963+850.0	0	No Existe	No Existe	No Existe	Existe	No Existe
S-42	963+850.0	964+100.0	1	No Existe	No Existe	No Existe	Existe	No Existe
S-43	964+100.0	964+300.0	2	No Existe	No Existe	No Existe	Existe	No Existe
S-44	964+300.0	964+500.0	2	No Existe	No Existe	No Existe	Existe	No Existe
S-45	964+500.0	964+700.0	0	No Existe	No Existe	No Existe	Existe	No Existe
S-46	964+700.0	964+900.0	0	No Existe	No Existe	No Existe	Existe	No Existe
S-47	964+900.0	965+150.0	0	No Existe	No Existe	No Existe	Existe	No Existe
S-48	965+150.0	965+400.0	1	No Existe	No Existe	No Existe	Existe	No Existe
S-49	965+400.0	965+700.0	7	No Existe	No Existe	No Existe	Existe	No Existe
S-50	965+700.0	966+000.0	5	No Existe	No Existe	No Existe	Existe	No Existe
S-51	966+000.0	966+300.0	4	No Existe	No Existe	No Existe	Existe	No Existe
S-52	966+300.0	966+550.0	4	No Existe	No Existe	No Existe	Existe	No Existe
S-53	966+550.0	966+800.0	7	No Existe	No Existe	No Existe	Existe	No Existe
S-54	966+800.0	967+100.0	6	No Existe	No Existe	No Existe	Existe	No Existe

Fuente: Elaboración propia.

3.6 PROCEDIMIENTOS DE ANÁLISIS DE DATOS

3.6.1 ACCIDENTALIDAD

3.6.1.1 PROCESAMIENTO Y DIAGRAMAS DE ACCIDENTALIDAD

Se realiza la compilación de los accidentes registrados en la vía estudiada y se evalúan los datos utilizando los mismos parámetros que utiliza la Policía Nacional del Perú, resaltando los indicadores más importantes. El análisis se presenta primero de forma general haciendo una comparativa entre los años que componen el periodo de evaluación, para luego pasar al análisis desagregado de cada año.

3.6.1.1.1 Accidentalidad en el Periodo de Evaluación (2012 – 2016)

Se muestra en la Tabla N° 23 el resumen de los accidentes fatales y no fatales registrados por la Policía Nacional del Perú en el periodo de evaluación.

Tabla N° 24. Accidentes Fatales, No Fatales y Totales entre los Años 2012 y 2016

VARIABLES	FATALES					NO FATALES					TOTALES						
	2012	2013	2014	2015	2016	2012	2013	2014	2015	2016	2012	2013	2014	2015	2016	TOTAL	%
I. CLASE de ACCIDENTES	15	8	4	6	24	68	123	138	152	177	83	131	142	158	201	715	100%
Atropello	9	3	1	2	10	26	41	42	44	75	35	44	43	46	85	253	35%
Choque	6	2	1	4	6	29	58	76	90	86	35	60	77	94	92	358	50%
Volcadura	0	1	0	0	0	0	0	3	1	0	0	1	3	1	0	5	1%
Caída de pasajero	0	0	0	0	0	0	5	5	5	1	0	5	5	5	1	16	2%
Despiste	0	2	2	0	1	4	10	9	6	7	4	12	11	6	8	41	6%
Otros	0	0	0	0	7	9	9	3	6	8	9	9	3	6	15	42	6%
III. VEHIC. PARTICIPANTES	34	8	5	10	24	74	147	186	246	222	108	155	191	256	246	956	100%
VEHÍCULO MAYOR	31	7	4	7	23	70	134	163	221	215	101	141	167	228	238	875	92%
Automóvil	15	0	1	2	16	39	84	95	114	104	54	84	96	116	120	470	49%
Station Wagon	0	0	0	3	0	2	0	0	23	62	2	0	0	26	62	90	9%
Camioneta Pick Up	11	2	2	1	0	8	18	25	23	11	19	20	27	24	11	101	11%
Camioneta Rural	5	5	0	0	1	13	11	7	7	4	18	16	7	7	5	53	6%
Ómnibus	0	0	0	1	6	5	8	15	17	12	5	8	15	18	18	64	7%
Camión	0	0	1	0	0	3	10	14	23	18	3	10	15	23	18	69	7%
Trayler y semitrayler	0	0	0	0	0	0	2	6	0	0	0	2	6	0	0	8	1%
Otros Mayor	0	0	0	0	0	0	1	1	14	4	0	1	1	14	4	20	2%
II. CAUSAS DE LOS ACC.	15	8	4	6	24	68	123	138	152	177	83	131	142	158	201	715	100%
Exceso de velocidad	6	4	0	0	15	3	13	16	35	62	9	17	16	35	77	154	22%
Imprudencia del conductor	7	4	4	3	0	40	73	89	83	81	47	77	93	86	81	384	54%
Imprudencia del peatón	2	0	0	1	0	1	19	20	28	12	3	19	20	29	12	83	12%
Vía en mal estado	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	2	0%
Señalización defectuosa	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	0%
Otros	0	0	0	1	7	23	18	13	5	22	23	18	13	6	29	89	12%



VARIABLES	FATALES					NO FATALES					TOTALES						
	2012	2013	2014	2015	2016	2012	2013	2014	2015	2016	2012	2013	2014	2015	2016	TOTAL	%
VEHÍCULO MENOR	3	1	1	3	1	4	13	23	25	7	7	14	24	28	8	81	8%
Bicicleta	1	0	0	0	0	0	1	3	1	0	1	1	3	1	0	6	1%
Motocar	0	0	0	0	1	0	0	0	2	5	0	0	0	2	6	8	1%
Moto	2	1	0	3	0	1	9	14	21	0	3	10	14	24	0	51	5%
Otros Menor	0	0	1	0	0	3	3	6	1	2	3	3	7	1	2	16	2%
IV. INCIDENCIA HORARIA	31	8	4	6	23	68	123	138	152	173	99	131	142	158	196	726	100%
08 - 14 Hrs.	0	3	3	2	8	15	39	45	48	65	15	42	48	50	73	228	31%
14 - 20 Hrs.	14	3	0	3	5	34	40	41	45	53	48	43	41	48	58	238	33%
20 - 02 Hrs.	14	1	1	1	6	9	30	34	20	34	23	31	35	21	40	150	21%
02 - 08 Hrs.	3	1	0	0	4	10	14	18	39	21	13	15	18	39	25	110	15%
V. INCIDENCIA DIARIA	31	8	4	6	23	68	126	138	150	173	99	134	142	156	196	727	100%
Lunes	3	0	0	0	2	7	15	12	4	19	10	15	12	4	21	62	9%
Martes	6	0	0	0	7	14	13	12	14	26	20	13	12	14	33	92	13%
Miércoles	5	6	2	2	0	13	11	13	13	17	18	17	15	15	17	82	11%
Jueves	9	0	1	1	3	5	8	20	21	15	14	8	21	22	18	83	11%
Viernes	8	2	0	2	4	12	19	15	36	32	20	21	15	38	36	130	18%
Sábado	0	0	1	1	2	15	36	42	32	44	15	36	43	33	46	173	24%
Domingo	0	0	0	0	5	2	24	24	30	20	2	24	24	30	25	105	14%

Fuente: (DIRTEPOL - CUSCO, 2017) – Elaboración propia.

A continuación, se presentan los diagramas que muestran la evolución de los indicadores de accidentalidad a lo largo del periodo de evaluación desde el 2012 al 2016.

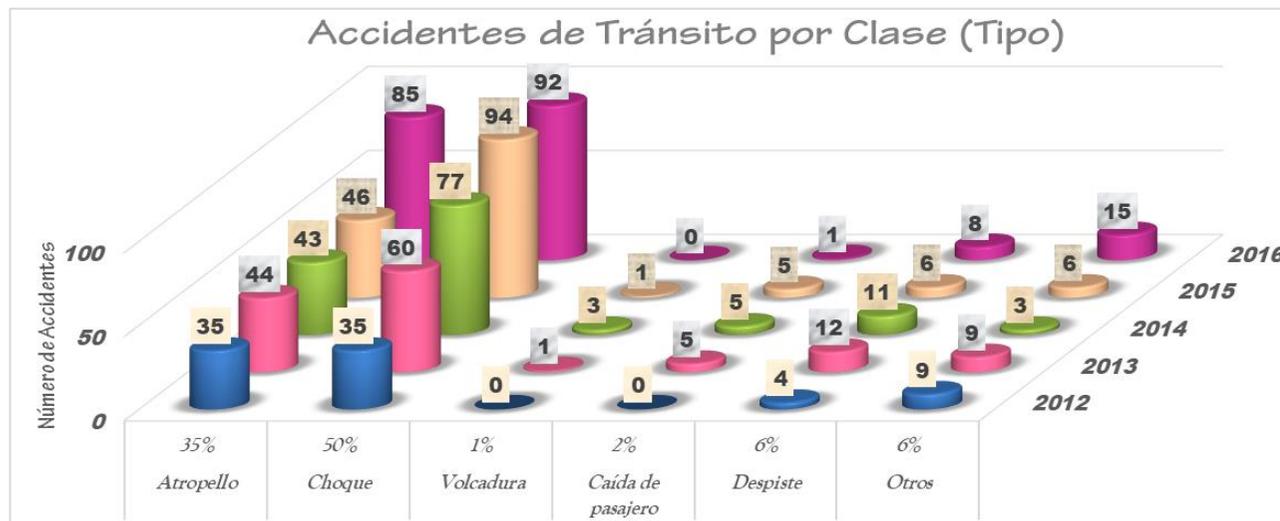
Tabla N° 25. Accidentes por Clase (2012 – 2016)

VARIABLES	TOTALES					TOTAL	%
	2012	2013	2014	2015	2016		
I. CLASE de ACCIDENTES	83	131	142	158	201	715	100%
Atropello	35	44	43	46	85	253	35%
Choque	35	60	77	94	92	358	50%
Volcadura	0	1	3	1	0	5	1%
Caída de pasajero	0	5	5	5	1	16	2%
Despiste	4	12	11	6	8	41	6%
Otros	9	9	3	6	15	42	6%

Fuente: (DIRTEPOL - CUSCO, 2017)



Figura N° 19. Evolución y Distribución de los Accidentes de Tránsito por Clase.



Se observa en la Figura N° 19 se muestra como el número de accidentes se ha incrementado, donde el principal tipo de accidente es el Choque con un 50% seguido del Atropello con 35 %.

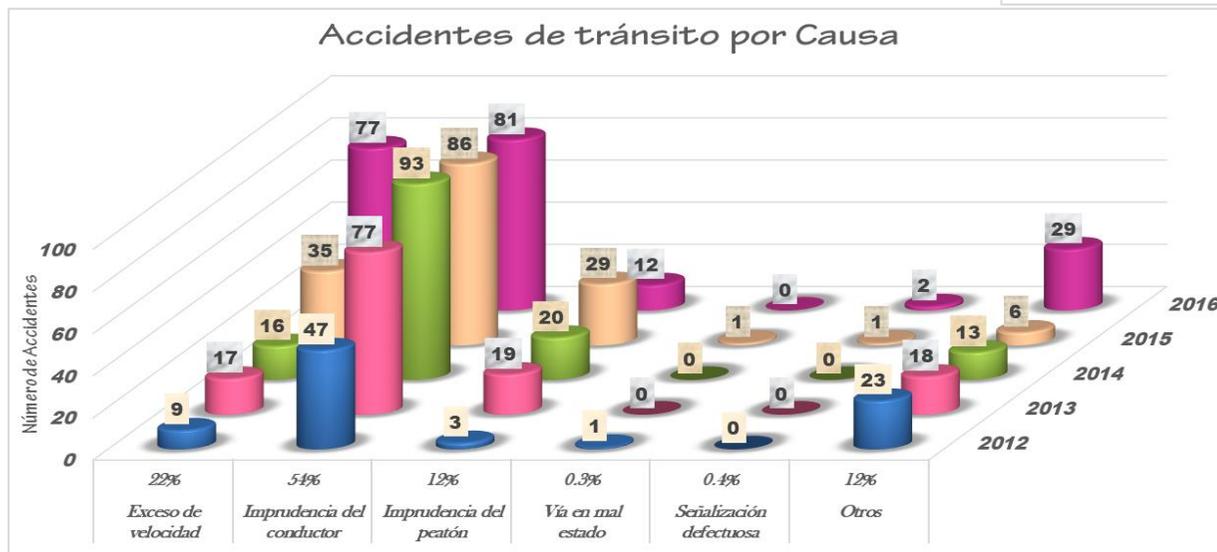
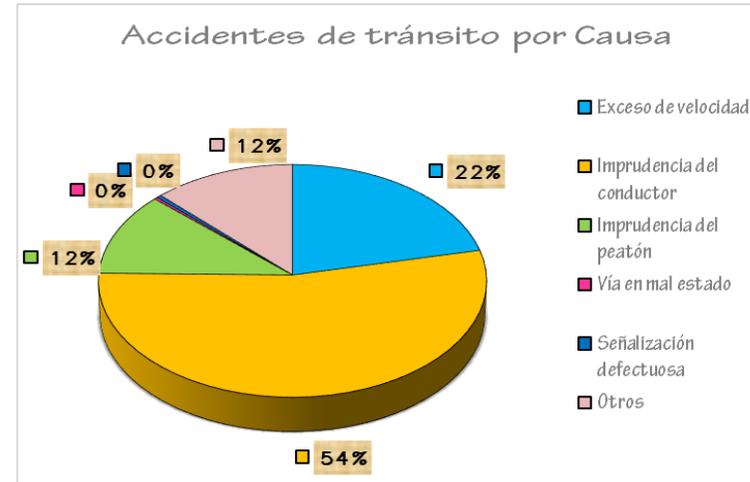
Fuente: (DIRTEPOL - CUSCO, 2017) – Elaboración propia

Tabla N° 26. Accidentes por Causa (2012 – 2016)

VARIABLES	TOTALES						%
	2012	2013	2014	2015	2016	TOTAL	
II. CAUSAS DE LOS ACC.	83	131	142	158	201	715	100%
Exceso de velocidad	9	17	16	35	77	154	22%
Imprudencia del conductor	47	77	93	86	81	384	54%
Imprudencia del peatón	3	19	20	29	12	83	12%
Vía en mal estado	1	0	0	1	0	2	0.3%
Señalización defectuosa	0	0	0	1	2	3	0.4%
Otros	23	18	13	6	29	89	12%

Fuente: (DIRTEPOL - CUSCO, 2017)

Figura N° 20. Evolución y Distribución de los Accidentes de Tránsito por Causa



Se observa en la Figura N° 20, que la principal causa de los accidentes es la imprudencia del conductor representando el 54% del total de accidentes registrados, seguido del exceso de velocidad (22%) y la imprudencia del peatón (12%).

Fuente: (DIRTEPOL - CUSCO, 2017) – Elaboración propia.

Tabla N° 27. Accidentes por Vehículo Participante (2012 – 2016)

VARIABLES	TOTALES						%
	2012	2013	2014	2015	2016	TOTAL	
III. VEHIC. PARTICIPANTES	108	155	191	256	246	956	100%
VEHÍCULO MAYOR	101	141	167	228	238	875	92%
Automóvil	54	84	96	116	120	470	49%
Station Wagon	2	0	0	26	62	90	9%
Camioneta Pick Up	19	20	27	24	11	101	11%
Camioneta Rural	18	16	7	7	5	53	6%
Ómnibus	5	8	15	18	18	64	7%
Camión	3	10	15	23	18	69	7%
Trayler y semitrayler	0	2	6	0	0	8	1%
Otros Mayor	0	1	1	14	4	20	2%
VEHÍCULO MENOR	7	14	24	28	8	81	8%
Bicicleta	1	1	3	1	0	6	1%
Motocar	0	0	0	2	6	8	1%
Moto	3	10	14	24	0	51	5%
Otros Menor	3	3	7	1	2	16	2%

Fuente: (DIRTEPOL - CUSCO, 2017)

Figura N° 21. Vehículos Mayores implicados (2012-2016)

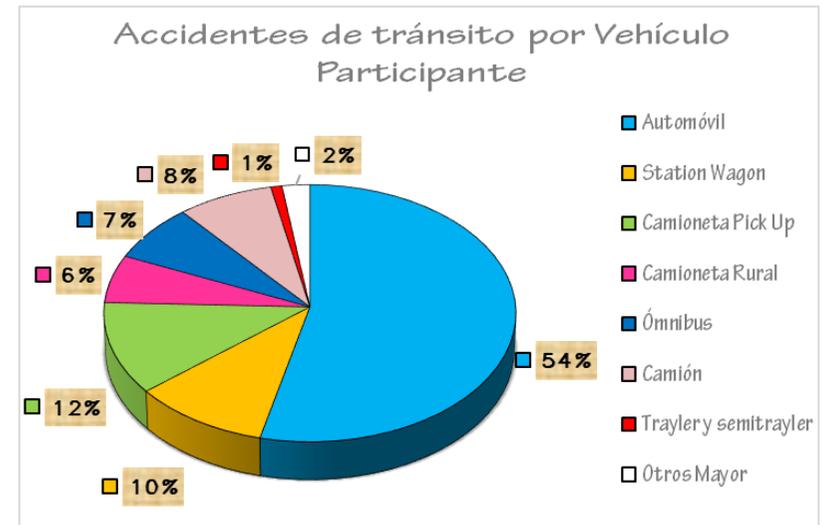
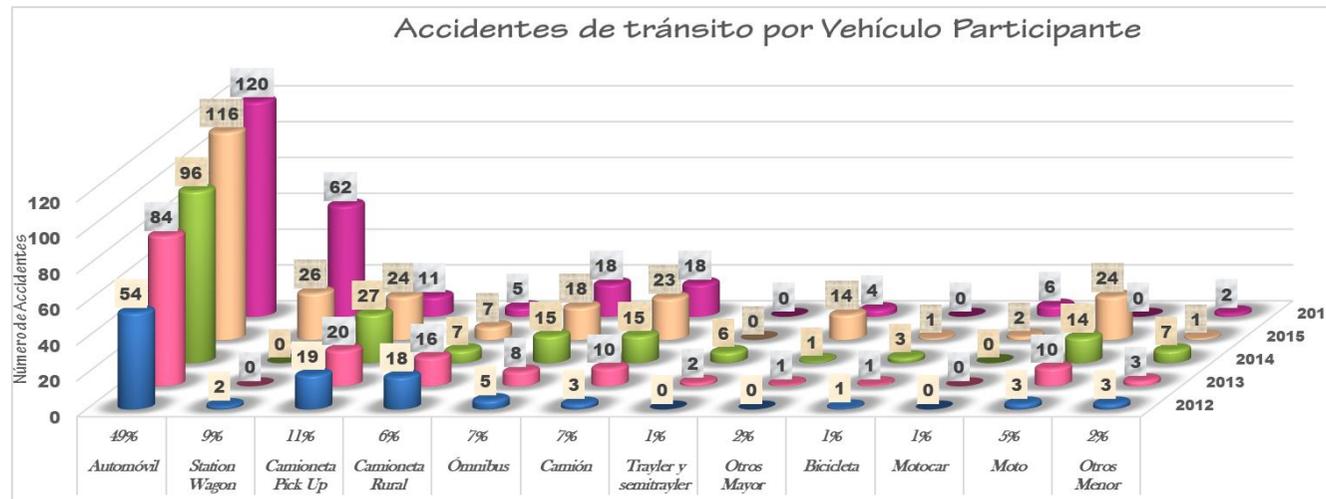


Figura N° 22. Evolución de la Participación de Vehículos (2012 -2016)



Fuente: (DIRTEPOL - CUSCO, 2017) – Elaboración propia.

Los vehículos mayores son los de mayor participación estando implicados en el 92% de los accidentes registrados, dentro del grupo de vehículos mayores, los automóviles representan el 54% de la composición total.

Tabla N° 28. Accidentes por Incidencia Horaria (2012-2016)

VARIABLES	TOTALES						%
	2012	2013	2014	2015	2016	TOTAL	
IV. INCIDENCIA HORARIA	99	131	142	158	196	726	100%
08 - 14 Hrs.	15	42	48	50	73	228	31%
14 - 20 Hrs.	48	43	41	48	58	238	33%
20 - 02 Hrs.	23	31	35	21	40	150	21%
02 - 08 Hrs.	13	15	18	39	25	110	15%

Fuente: (DIRTEPOL - CUSCO, 2017)

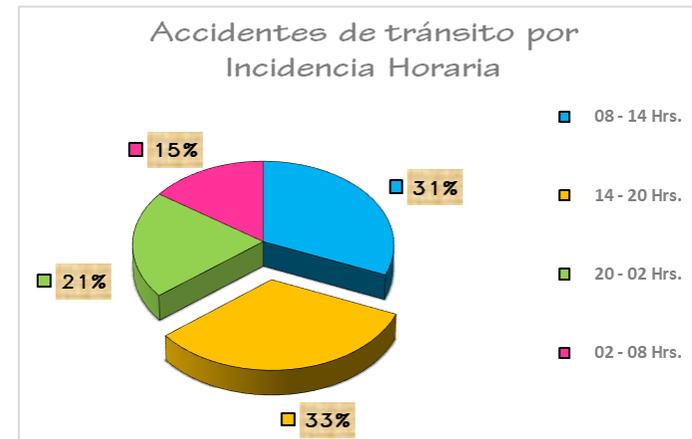
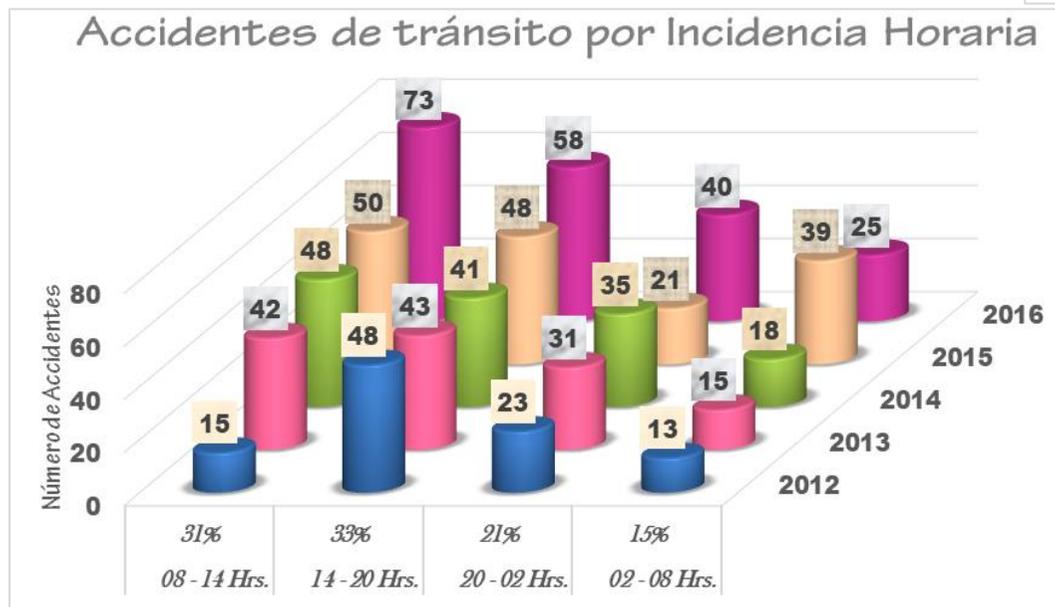


Figura N° 23. Evolución y Distribución de Accidentes por Incidencia Horaria.



En la Tabla N° 28 se observa que entre las 8 y 14 horas ocurrieron el 31% de accidentes y entre las 14 y 20 horas se dieron 33%, disminuyendo la ocurrencia de accidentes a medida que oscurece, donde entre las 20 y 02 horas se da el 21% y entra las 02 y 08 el 15 % de accidentes.

Fuente: (DIRTEPOL - CUSCO, 2017) – Elaboración propia.

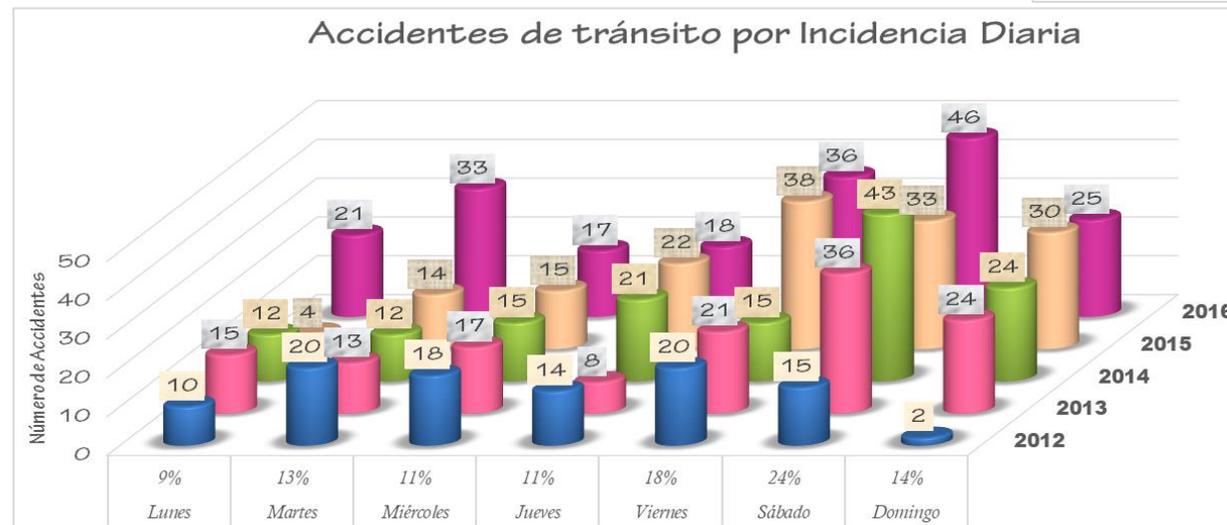


Tabla N° 29. Accidentes por Incidencia Diaria (2012-2016)

VARIABLES	TOTALES						%
	2012	2013	2014	2015	2016	TOTAL	
V. INCIDENCIA DIARIA	99	134	142	156	196	727	100%
Lunes	10	15	12	4	21	62	9%
Martes	20	13	12	14	33	92	13%
Miércoles	18	17	15	15	17	82	11%
Jueves	14	8	21	22	18	83	11%
Viernes	20	21	15	38	36	130	18%
Sábado	15	36	43	33	46	173	24%
Domingo	2	24	24	30	25	105	14%

Fuente: (DIRTEPOL - CUSCO, 2017)

Figura N° 24. Evolución y Distribución de Accidentes por Incidencia Diaria.



Fuente: (DIRTEPOL - CUSCO, 2017) – Elaboración propia.

En los diagramas se puede observar que los días viernes, sábado y domingo representan los días con mayor número de accidentes con 18%, 24% y 14% respectivamente; así mismo el día de menor ocurrencia es el día lunes.

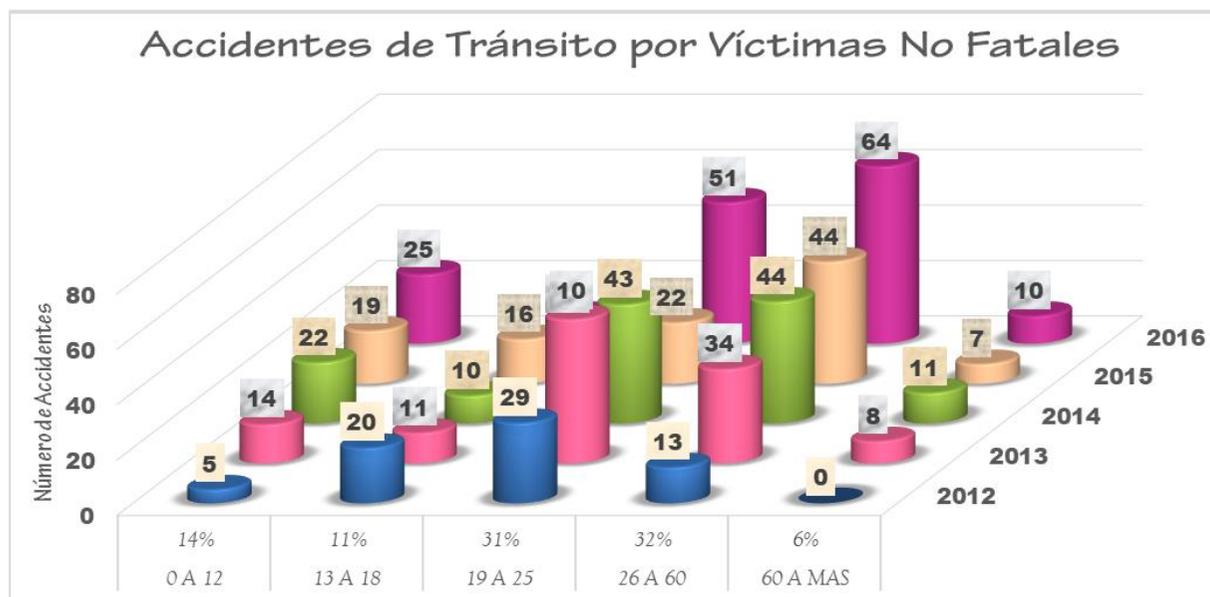
Tabla N° 30. Accidentes por Víctimas (2012-2016)

VARIABLES		TOTALES					TOTAL	%
		2012	2013	2014	2015	2016		
TOTAL VÍCTIMAS		77	129	136	117	169	628	100%
Heridos Totales	0 A 12	5	14	22	19	25	85	14%
	13 A 18	20	11	10	16	10	67	11%
	19 A 25	29	52	43	22	51	197	31%
	26 A 60	13	34	44	44	64	199	32%
	60 A MAS	0	8	11	7	10	36	6%

VARIABLES		TOTALES					TOTAL	%
		2012	2013	2014	2015	2016		
TOTAL VÍCTIMAS		77	129	136	117	169	628	100%
Muertos Totales	0 A 12	0	2	0	12	0	14	1%
	13 A 18	0	2	2	1	0	5	1%
	19 A 25	3	0	1	0	0	4	1%
	26 A 60	7	4	1	3	8	23	4%
	60 A MAS	0	3	2	1	1	7	1%

Fuente: (DIRTEPOL - CUSCO, 2017)

Figura N° 25 Evolución y Distribución de Accidentes por Víctimas No Fatales.



Fuente: (DIRTEPOL - CUSCO, 2017) – Elaboración propia

Figura N° 26 Evolución y Distribución de Accidentes por Víctimas Fatales.



Fuente: (DIRTEPOL - CUSCO, 2017) – Elaboración propia



La mayor cantidad de víctimas tanto fatales como no fatales se da en la población comprendida entre 26 a 60 años seguido de la población de entre 19 y 25 años.

Así mismo las víctimas no fatales (heridos) representan el 93% del total de víctimas.

3.6.1.2 ANÁLISIS GENERAL DEL PROCEDIMIENTO DE ACCIDENTALIDAD

Según los datos presentados en las tablas y diagramas la cantidad de accidentes se ha ido incrementando a lo largo de los años, donde el factor humano es una de las principales causas cabe indicar que la policía al realizar el registro de un accidente utiliza criterios que direccionan la culpabilidad al factor humano, sea conductor o peatón, dejando de lado la posibilidad que el accidente se dé por causa de la condición de la vía o de los dispositivos de control de tránsito.

3.6.2 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

3.6.2.1 PROCESAMIENTO Y DIAGRAMAS DE CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

Las características geométricas son resultado de las mediciones y el procesamiento de datos en software de ingeniería (AutoCAD civil 3D[®])

3.6.2.1.1 Características de la Geometría Horizontal

Se muestra en la Tabla N° 31 las curvas horizontales presentes en el tramo de estudio indicando su dirección en sentido de acuerdo al kilometraje de la vía.

Tabla N° 31. Curvas Horizontales

N° CURVA	PROGRESIVA		Radio (R) [m]	Longitud de Curva (LC) [m]	Peralte [%]	Sentido
	PC	PT				
C-1	954+000.0	954+075.1	110	75.1	7.4%	I
C-2	954+160.1	954+308.0	105	147.9	7.7%	D
C-3	954+619.5	954+657.7	300	38.2	3.6%	I
C-4	954+713.9	954+772.4	300	58.5	3.6%	I
C-5	955+638.0	955+668.0	120	30.0	4.8%	I
C-6	955+907.8	955+936.9	500	29.1	2.3%	D
C-7	956+021.2	956+113.1	500	91.9	2.3%	D
C-8	956+332.1	956+368.7	500	36.6	2.3%	D
C-9	956+432.8	956+475.1	500	42.3	2.3%	I
C-10	956+715.1	956+895.4	280	180.3	4.2%	D
C-11	956+937.8	956+978.9	300	41.1	3.6%	I
C-12	957+024.2	957+062.6	100	38.4	7.7%	D
C-13	957+098.3	957+135.7	300	37.4	3.6%	I
C-14	957+142.9	957+192.7	500	49.8	2.3%	D
C-15	957+200.6	957+227.4	300	26.8	3.6%	I
C-16	957+248.7	957+275.5	200	26.8	5.0%	D
C-17	957+291.2	957+316.8	100	25.6	7.7%	D

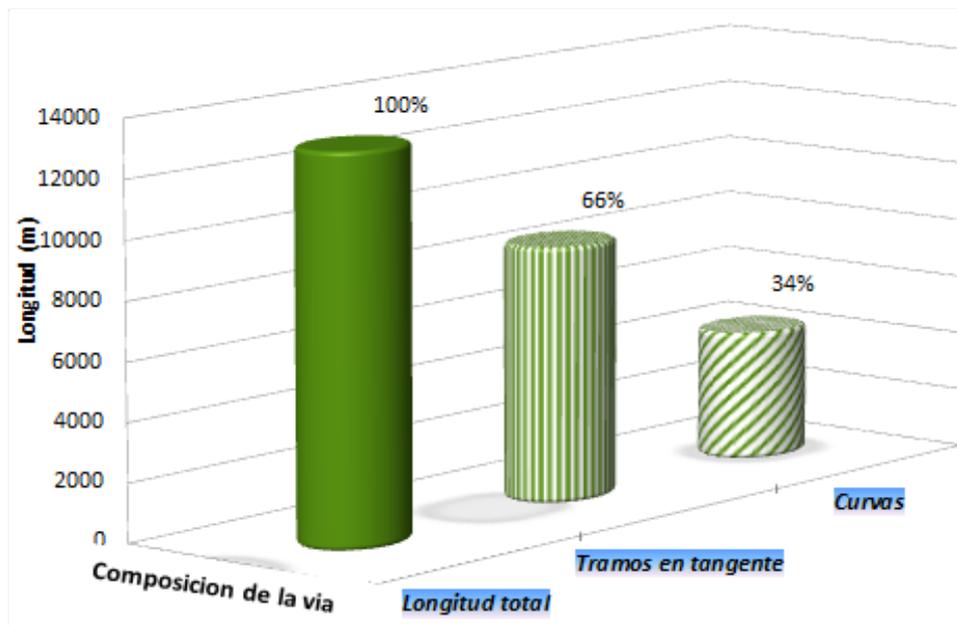


N° CURVA	PROGRESIVA		Radio (R) [m]	Longitud de Curva (LC) [m]	Peralte [%]	Sentido
	PC	PT				
C-18	957+328.1	957+369.5	30	41.4	10.0%	I
C-19	957+387.9	957+453.2	50	65.3	10.0%	I
C-20	957+634.2	957+699.6	60	65.4	9.6%	D
C-21	957+897.5	957+963.9	60	66.4	9.6%	D
C-22	957+987.8	958+002.2	90	14.4	8.2%	I
C-23	958+066.5	958+124.4	35	57.9	10.0%	I
C-24	958+156.0	958+244.0	65	88.0	9.6%	D
C-25	958+252.5	958+307.4	60	54.9	9.6%	D
C-26	958+360.7	958+377.8	120	17.1	7.0%	I
C-27	958+463.6	958+545.0	120	81.4	7.0%	I
C-28	958+604.6	958+718.8	75	114.2	9.1%	I
C-29	959+071.1	959+103.0	100	31.9	7.7%	D
C-30	959+227.4	959+432.8	195	205.4	5.6%	D
C-31	960+044.5	960+096.4	100	51.9	7.7%	I
C-32	960+127.9	960+229.1	160	101.2	6.2%	I
C-33	960+313.8	960+405.7	50	91.9	10.0%	D
C-34	960+478.4	960+515.6	25	37.2	10.0%	I
C-35	960+515.6	960+559.4	30	43.8	10.0%	I
C-36	960+650.7	960+760.7	70	110.0	9.1%	D
C-37	960+801.4	960+830.7	300	29.3	3.6%	I
C-38	960+876.2	960+906.2	300	30.0	3.6%	D
C-39	961+028.6	961+110.4	100	81.8	7.7%	I
C-40	961+228.8	961+299.6	120	70.8	7.0%	D
C-41	961+366.5	961+475.5	300	109.0	3.6%	I
C-42	961+617.3	961+671.4	200	54.1	5.0%	D
C-43	962+015.0	962+051.5	100	36.5	7.7%	I
C-44	962+240.0	962+325.6	55	85.6	10.0%	D
C-45	962+734.9	962+804.9	170	70.0	6.2%	D
C-46	962+856.0	962+938.0	75	82.0	9.1%	I
C-47	962+963.8	963+118.9	130	155.1	6.7%	D
C-48	963+163.8	963+193.6	250	29.8	4.2%	I
C-49	963+341.5	963+417.8	50	76.3	10.0%	D
C-50	963+524.6	963+642.0	85	117.4	8.6%	I
C-51	963+698.1	963+776.6	42	78.5	10.0%	D
C-52	963+799.3	963+821.2	100	21.9	7.7%	I
C-53	963+860.1	963+906.5	35	46.4	10.0%	I
C-54	963+907.8	963+956.5	40	48.7	10.0%	I
C-55	964+033.7	964+050.2	100	16.5	7.7%	D
C-56	964+144.2	964+156.3	100	12.1	7.7%	D
C-57	964+300.8	964+355.1	50	54.3	10.0%	D
C-58	964+526.2	964+554.8	100	28.6	7.7%	D
C-59	964+566.1	964+586.3	100	20.2	7.7%	D
C-60	964+747.9	964+812.1	40	64.2	10.0%	I

N° CURVA	PROGRESIVA		Radio (R) [m]	Longitud de Curva (LC) [m]	Peralte [%]	Sentido
	PC	PT				
C-61	964+813.6	964+877.4	45	63.8	10.0%	I
C-62	964+906.7	964+994.5	180	87.8	5.6%	D
C-63	965+051.2	965+107.4	100	56.2	7.7%	I
C-64	965+173.7	965+283.0	90	109.3	8.2%	D
C-65	965+422.8	965+432.4	100	9.6	7.7%	I
C-66	965+482.6	965+491.4	100	8.8	7.7%	D
C-67	965+867.5	965+923.2	35	55.7	10.0%	I
C-68	965+924.7	965+980.5	45	55.8	10.0%	I
C-69	966+052.2	966+076.4	300	24.2	3.6%	D
C-70	966+093.4	966+121.2	300	27.8	3.6%	I
C-71	966+136.3	966+210.7	60	74.4	9.6%	D
C-72	966+216.5	966+279.2	60	62.7	9.6%	D
C-73	966+940.9	966+957.8	200	16.9	5.0%	D
C-74	966+985.5	967+004.0	200	18.5	5.0%	I

Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 27. Diagrama de la Longitud de Curvas con Respecto a la Longitud Total.

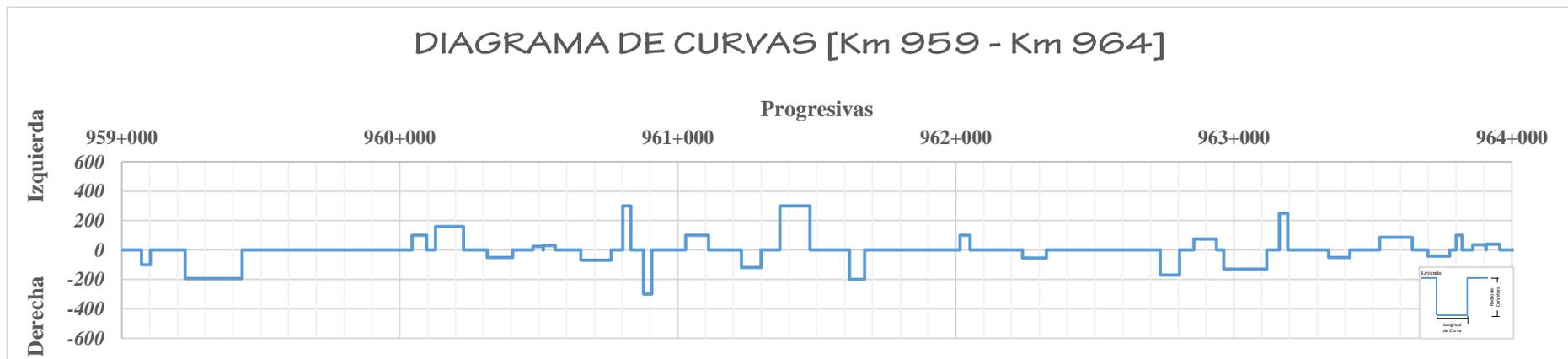
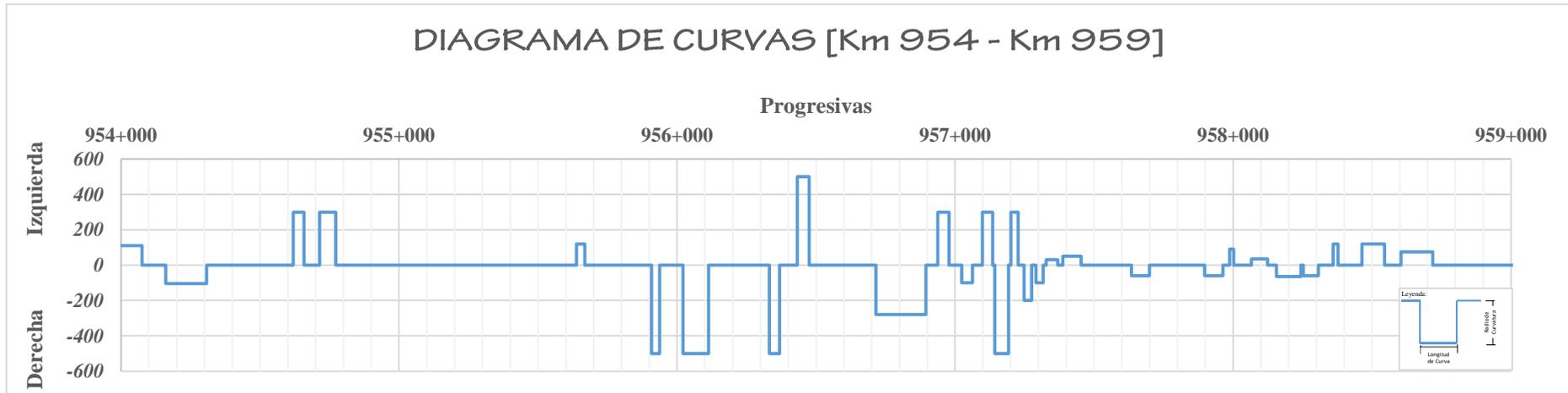


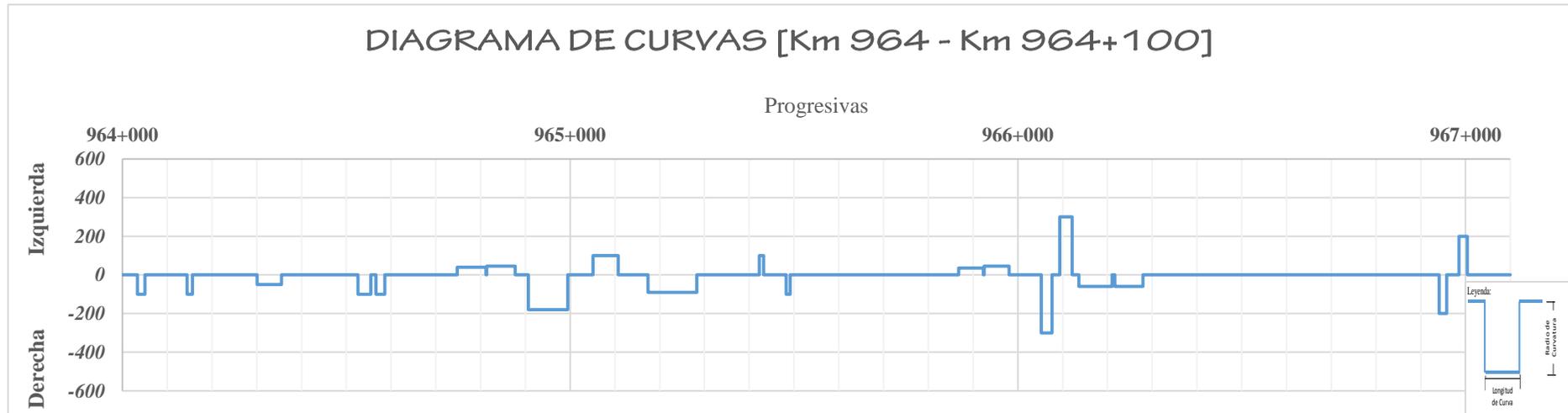
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N° 27 se puede observar que en el tramo de estudio las curvas horizontales ocupan más de un tercio de la longitud total que comprende el estudio representando el 34% de la vía, el restante 66% de vía está compuesta por los tramos rectos.

En las figuras siguientes se presenta los diagramas de curva indicando su radio, longitud de cura y sentido siguiendo la progresión del kilometraje en la vía.

Figura N° 28. Diagrama de Curvas Horizontales.





Fuente: Elaboración propia.

En el diagrama de curvas se puede observar que existen curvas que están aglomeradas en un solo tramo como se aprecia entre las progresivas Km 957+000 y el Km 957+500. Donde en un tramo de 500 m existen 9 curvas, alternando entre curvas con sentido diferentes y otras con el mismo sentido.

3.6.2.1.2 Características de la Geométrica Vertical

En la siguiente tabla se muestran los datos correspondientes a la geometría vertical, como son curvas verticales y pendientes.

Tabla N° 32. Curvas Verticales y Pendientes

Pendiente/ CV	PROGRESIVA		Pendiente [%]	Longitud LTV/LCV [m]
	Inicio	Fin		
P-1	954+000.0	954+018.8	-3.4%	18.77
CV-1	954+018.8	954+078.8	CV	60.00
P-2	954+078.8	954+140.5	-0.2%	61.68
CV-2	954+140.5	954+190.5	CV	50.00
P-3	954+190.5	954+248.2	-3.9%	57.76
CV-3	954+248.2	954+298.2	CV	50.00
P-4	954+298.2	954+468.6	-1.2%	170.43
CV-4	954+468.6	954+568.6	CV	100.00
P-5	954+568.6	954+839.4	2.9%	270.76
CV-5	954+839.4	954+939.4	CV	100.00
P-6	954+939.4	955+215.0	1.4%	275.59
CV-6	955+215.0	955+315.0	CV	100.00
P-7	955+315.0	955+725.9	-0.7%	410.91
CV-7	955+725.9	955+825.9	CV	100.00
P-8	955+825.9	955+946.4	-7.9%	120.46
CV-8	955+946.4	956+026.4	CV	80.00
P-9	956+026.4	956+453.7	-1.4%	427.34
CV-9	956+453.7	956+513.7	CV	60.00
P-10	956+513.7	956+729.8	-3.0%	216.14
CV-10	956+729.8	956+829.8	CV	100.00
P-11	956+829.8	956+875.2	-1.1%	45.36
CV-11	956+875.2	956+935.2	CV	60.00
P-12	956+935.2	957+198.1	-4.5%	262.87
CV-12	957+198.1	957+258.1	CV	60.00
P-13	957+258.1	957+370.6	1.8%	112.52
CV-13	957+370.6	957+420.6	CV	50.00
P-14	957+420.6	957+508.5	-6.4%	87.92
CV-14	957+508.5	957+608.5	CV	100.00
P-15	957+608.5	957+872.7	-5.0%	264.19
CV-15	957+872.7	957+972.7	CV	100.00
P-16	957+972.7	958+046.8	-0.6%	74.14
CV-16	958+046.8	958+196.8	CV	150.00
P-17	958+196.8	958+249.2	-3.8%	52.36
CV-17	958+249.2	958+399.2	CV	150.00
P-18	958+399.2	958+641.8	-2.5%	242.62
CV-18	958+641.8	958+701.8	CV	60.00



Pendiente/ CV	PROGRESIVA		Pendiente [%]	Longitud LTV/LCV [m]
	Inicio	Fin		
P-19	958+701.8	958+810.0	-5.3%	108.18
CV-19	958+810.0	958+960.0	CV	150.00
P-20	958+960.0	959+687.2	-3.2%	727.18
CV-20	959+687.2	959+837.2	CV	150.00
P-21	959+837.2	959+855.3	0.5%	18.13
CV-21	959+855.3	959+955.3	CV	100.00
P-22	959+955.3	959+981.1	-5.2%	25.80
CV-22	959+981.1	960+081.1	CV	100.00
P-23	960+081.1	960+140.1	-1.5%	58.99
CV-23	960+140.1	960+290.1	CV	150.00
P-24	960+290.1	960+501.7	-4.6%	211.63
CV-24	960+501.7	960+651.7	CV	150.00
P-25	960+651.7	960+856.2	-3.1%	204.43
CV-25	960+856.2	961+106.2	CV	250.00
P-26	961+106.2	961+426.0	4.5%	319.80
CV-26	961+426.0	961+626.0	CV	200.00
P-27	961+626.0	962+058.8	5.0%	432.83
CV-27	962+058.8	962+208.8	CV	150.00
P-28	962+208.8	962+634.0	4.3%	425.18
CV-28	962+634.0	962+784.0	CV	150.00
P-29	962+784.0	963+177.4	2.3%	393.41
CV-29	963+177.4	963+327.4	CV	150.00
P-30	963+327.4	963+695.6	4.0%	368.20
CV-30	963+695.6	963+795.6	CV	100.00
P-31	963+795.6	963+893.8	6.7%	98.26
CV-31	963+893.8	963+993.8	CV	100.00
P-32	963+993.8	964+134.1	5.8%	140.24
CV-32	964+134.1	964+234.1	CV	100.00
P-33	964+234.1	964+311.8	4.3%	77.71
CV-33	964+311.8	964+371.8	CV	60.00
P-34	964+371.8	964+403.2	2.0%	31.43
CV-34	964+403.2	964+463.2	CV	60.00
P-35	964+463.2	964+499.2	5.5%	36.00
CV-35	964+499.2	964+559.2	CV	60.00
P-36	964+559.2	964+765.3	3.9%	206.09
CV-36	964+765.3	964+825.3	CV	60.00
P-37	964+825.3	964+999.3	0.2%	174.03
CV-37	964+999.3	965+119.3	CV	120.00
P-38	965+119.3	965+399.6	3.9%	280.21
CV-38	965+399.6	965+459.6	CV	60.00
P-39	965+459.6	965+477.4	8.7%	17.87
CV-39	965+477.4	965+527.4	CV	50.00

Pendiente/ CV	PROGRESIVA		Pendiente [%]	Longitud LTV/LCV [m]
	Inicio	Fin		
P-40	965+527.4	965+569.6	0.9%	42.18
CV-40	965+569.6	965+649.6	CV	80.00
P-41	965+649.6	965+710.4	5.5%	60.79
CV-41	965+710.4	965+810.4	CV	100.00
P-42	965+810.4	965+883.8	4.2%	73.42
CV-42	965+883.8	965+983.8	CV	100.00
P-43	965+983.8	966+128.8	1.7%	144.99
CV-43	966+128.8	966+248.8	CV	120.00
P-44	966+248.8	966+404.1	8.8%	155.29
CV-44	966+404.1	966+444.1	CV	40.00
P-45	966+444.1	966+482.2	1.3%	38.11
CV-45	966+482.2	966+582.2	CV	100.00
P-46	966+582.2	966+770.8	2.7%	188.63
CV-46	966+770.8	966+870.8	CV	100.00
P-47	966+870.8	966+872.2	4.7%	1.39
CV-47	966+872.2	966+972.2	CV	100.00
P-48	966+972.2	967+100.0	2.4%	127.78

Fuente: Elaboración propia.

3.6.3 CARACTERÍSTICAS Y VOLUMEN DE TRÁNSITO

3.6.3.1 PROCESAMIENTO Y DIAGRAMAS DE CARACTERÍSTICAS DEL TRÁNSITO

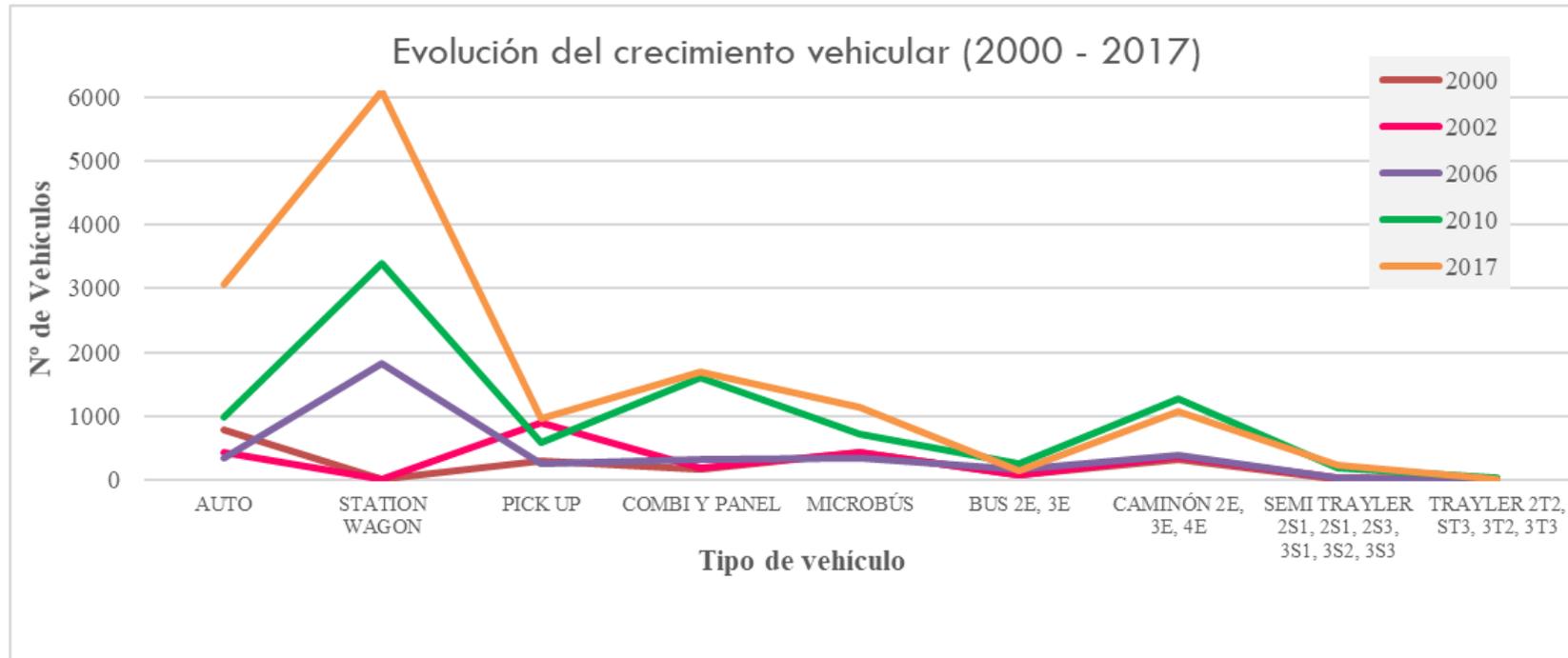
Para las características y volumen de tránsito entre los años 2002 y 2010, se presenta la información recopilada del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Las Características y Volumen de tránsito que corresponde a la situación actual (año 2017) se ha realizado el tratamiento de los datos resultado del conteo y clasificación vehicular realizado entre los días 23 y 25 del mes de marzo del año 2017.

Para procedimientos posteriores que se presentan en 3.6.6 Método Predictivo del Highway Safety Manual, es necesario realizar una interpolación del valor de IMDA para obtener este para el periodo de evaluación comprendido entre los años 2012 y 2016.

3.6.3.1.1 Características y Volumen de Tránsito del Periodo 2000 – 2017.

Figura N° 29. Evolución del Tráfico en el Periodo 2000 - 2017



Fuente: (MTC, 2017)

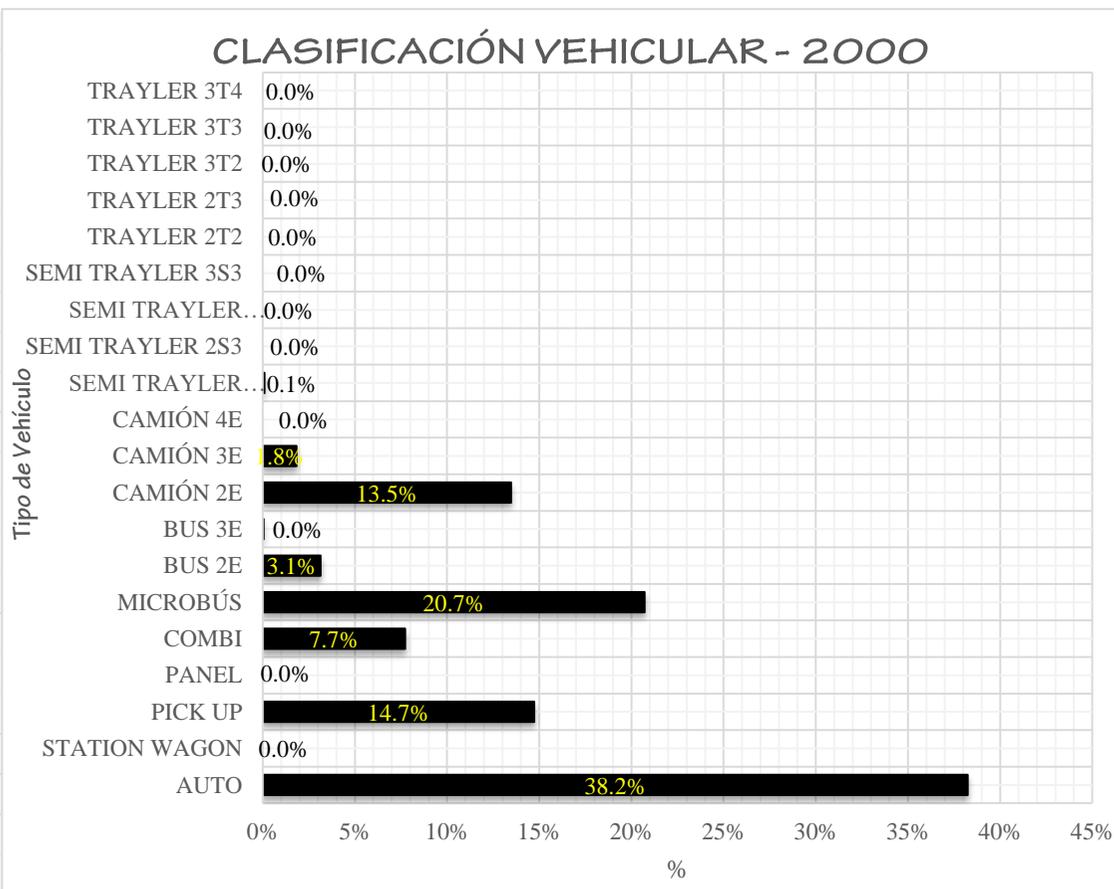
En la figura N° 29 se puede observar el crecimiento acelerado del parque automotor, donde predominan los vehículos tipo STATION WAGON los cuales representa el mayor porcentaje de la composición del IMDA.



Tabla N° 33. Características y Volumen de Tránsito, año 2000.

TIPO DE VEHÍCULO	IMDA	%
AUTO	792	38.2%
STATION WAGON	0	0.0%
PICK UP	305	14.7%
PANEL	0	0.0%
COMBI	160	7.7%
MICROBÚS	429	20.7%
BUS 2E	65	3.1%
BUS 3E	1	0.0%
CAMIÓN 2E	279	13.5%
CAMIÓN 3E	38	1.8%
CAMIÓN 4E	0	0.0%
SEMI TRAYLER 2S1 Y 2S2	2	0.1%
SEMI TRAYLER 2S3	0	0.0%
SEMI TRAYLER 3S1 Y 3S2	0	0.0%
SEMI TRAYLER 3S3	0	0.0%
TRAYLER 2T2	0	0.0%
TRAYLER 2T3	0	0.0%
TRAYLER 3T2	0	0.0%
TRAYLER 3T3	0	0.0%
TRAYLER 3T4	0	0.0%
TOTAL	2071	100.0%

Figura N° 30. Composición del Volumen de Tránsito, año 2000



Fuente: (MTC). Recopilado el 6 y 7 de abril del 2017

Elaboración propia.



Tabla N° 34. Características y Volumen de Tránsito, año 2002.

TIPO DE VEHÍCULO	IMDA	%
AUTO	433	17.8%
STATION WAGON	0	0.0%
PICK UP	896	36.8%
PANEL	0	0.0%
COMBI	196	8.0%
MICROBÚS	440	18.0%
BUS 2E	79	3.2%
BUS 3E	8	0.3%
CAMIÓN 2E	304	12.5%
CAMIÓN 3E	47	1.9%
CAMIÓN 4E	3	0.1%
SEMI TRAYLER 2S1 Y 2S2	27	1.1%
SEMI TRAYLER 2S3	0	0.0%
SEMI TRAYLER 3S1 Y 3S2	0	0.0%
SEMI TRAYLER 3S3	0	0.0%
TRAYLER 2T2	5	0.2%
TRAYLER 2T3	0	0.0%
TRAYLER 3T2	0	0.0%
TRAYLER 3T3	0	0.0%
TRAYLER 3T4	0	0.0%
TOTAL	2438	100.0%

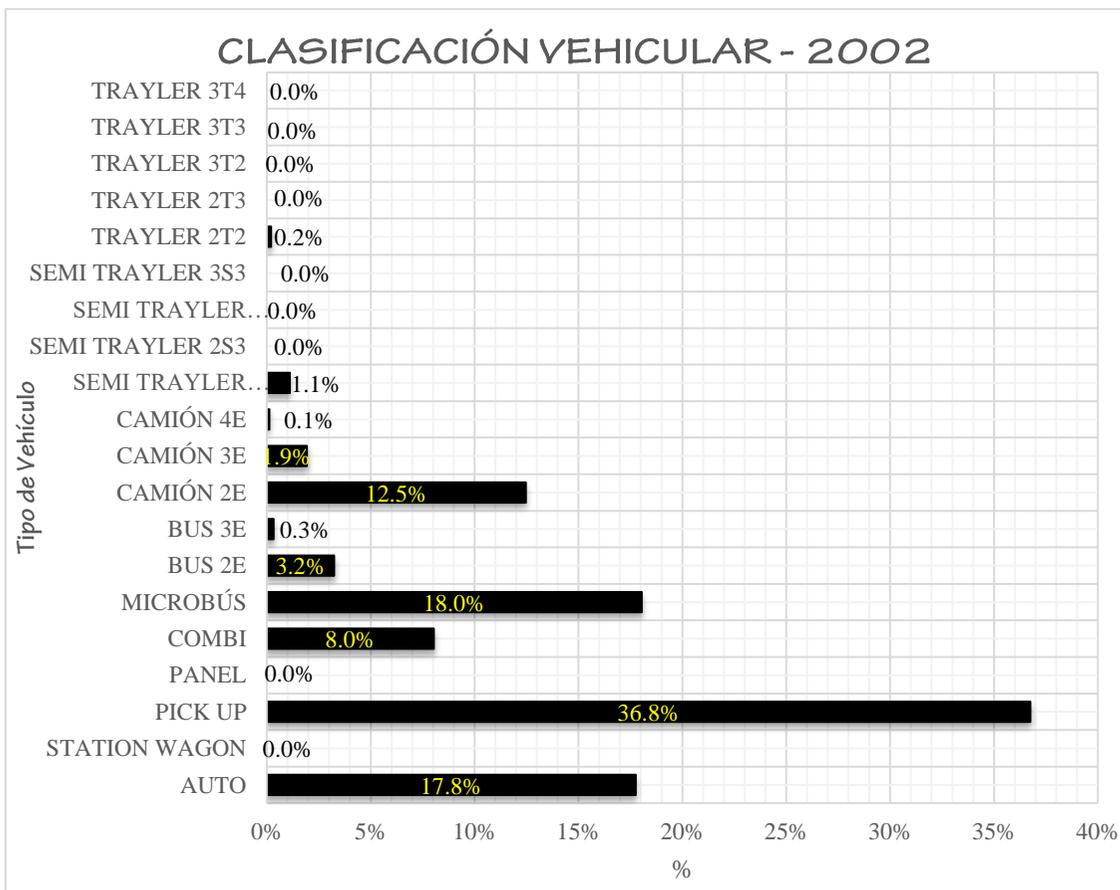


Figura N° 31. Composición del volumen de tránsito, año 2002.

Fuente: (MTC). Recopilado el 6 y 7 de abril del 2017

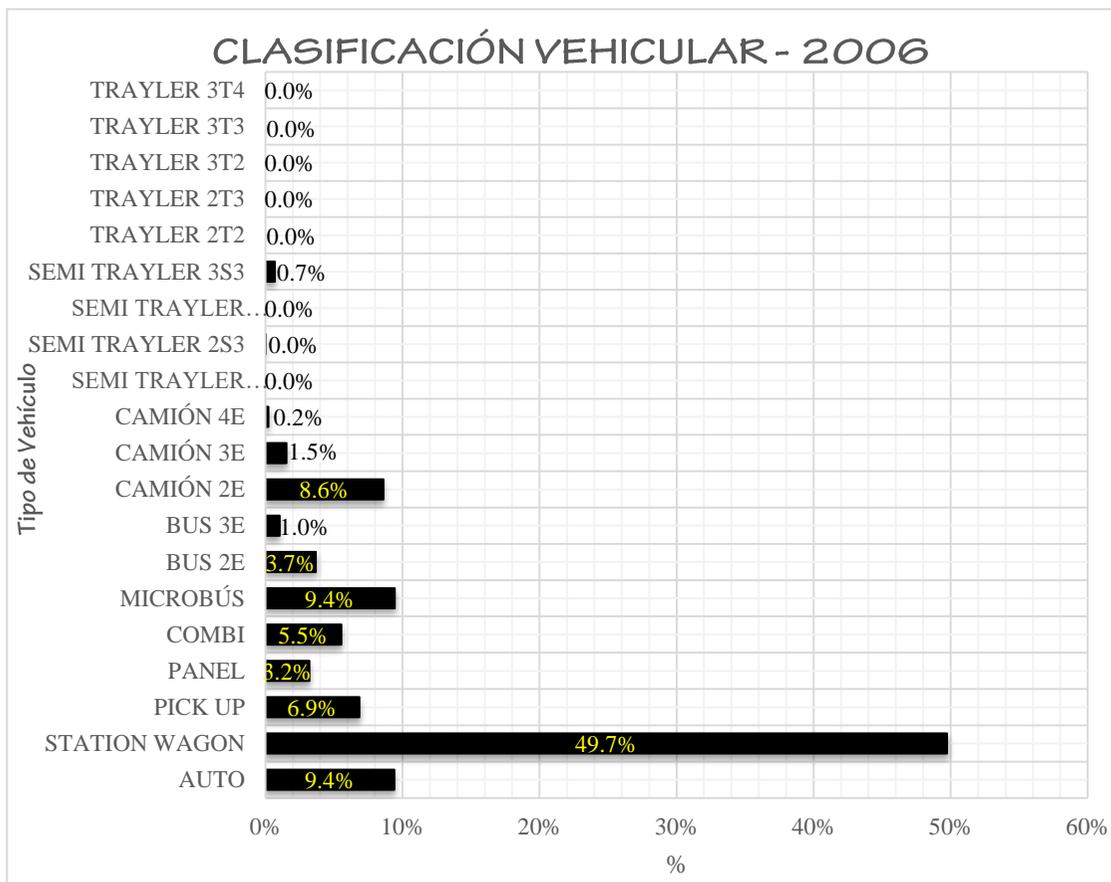
Elaboración propia.



Tabla N° 35. Características y Volumen de Tránsito, año 2006.

TIPO DE VEHÍCULO	IMDA	%
AUTO	343	9.4%
STATION WAGON	1813	49.7%
PICK UP	250	6.9%
PANEL	117	3.2%
COMBI	202	5.5%
MICROBÚS	344	9.4%
BUS 2E	134	3.7%
BUS 3E	38	1.0%
CAMIÓN 2E	314	8.6%
CAMIÓN 3E	56	1.5%
CAMIÓN 4E	8	0.2%
SEMI TRAYLER 2S1 Y 2S2	0	0.0%
SEMI TRAYLER 2S3	1	0.0%
SEMI TRAYLER 3S1 Y 3S2	0	0.0%
SEMI TRAYLER 3S3	25	0.7%
TRAYLER 2T2	0	0.0%
TRAYLER 2T3	0	0.0%
TRAYLER 3T2	0	0.0%
TRAYLER 3T3	0	0.0%
TRAYLER 3T4	0	0.0%
TOTAL	3645	100.0%

Figura N° 32. Composición del Volumen de Tránsito, año 2006.



Fuente: (MTC). Recopilado el 6 y 7 de abril del 2017

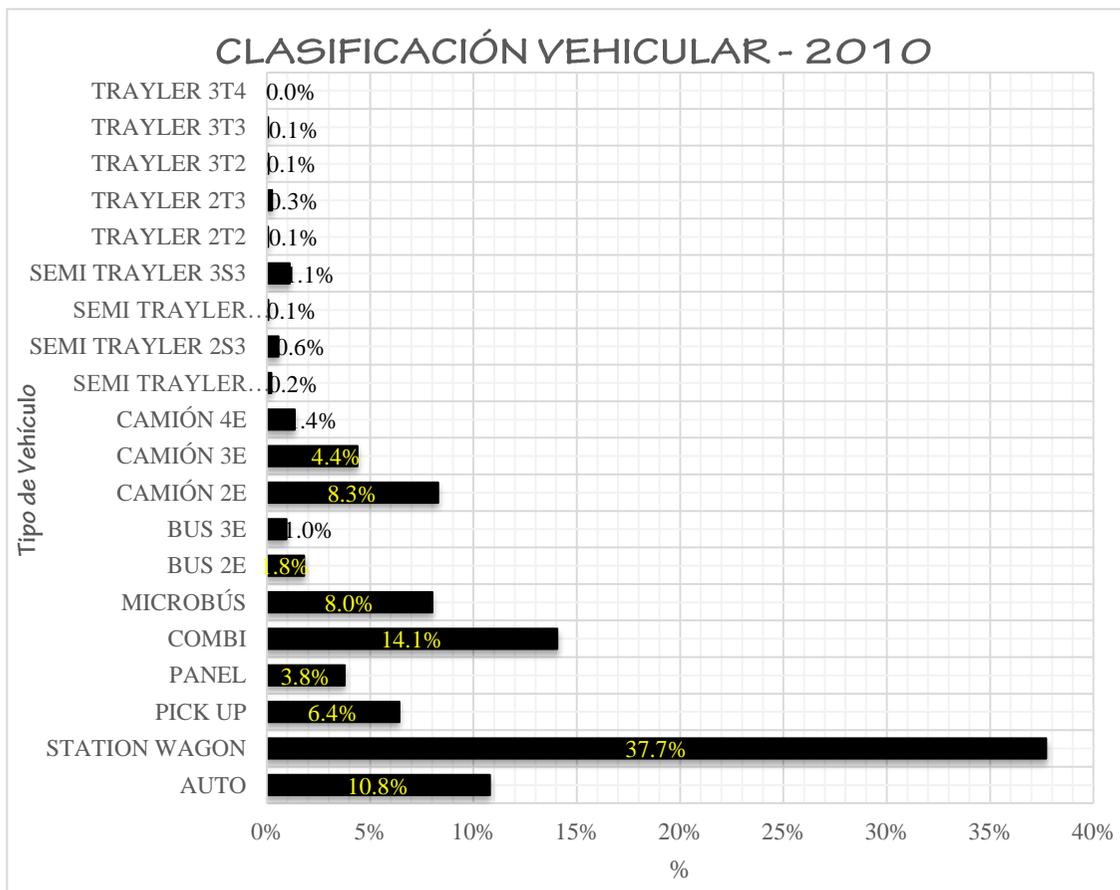
Elaboración propia.



Tabla N° 36. Características y Volumen de Tránsito, año 2010.

TIPO DE VEHÍCULO	IMDA	%
AUTO	974	10.8%
STATION WAGON	3402	37.7%
PICK UP	579	6.4%
PANEL	340	3.8%
COMBI	1268	14.1%
MICROBÚS	723	8.0%
BUS 2E	163	1.8%
BUS 3E	86	1.0%
CAMIÓN 2E	748	8.3%
CAMIÓN 3E	396	4.4%
CAMIÓN 4E	122	1.4%
SEMI TRAYLER 2S1 Y 2S2	20	0.2%
SEMI TRAYLER 2S3	51	0.6%
SEMI TRAYLER 3S1 Y 3S2	7	0.1%
SEMI TRAYLER 3S3	100	1.1%
TRAYLER 2T2	6	0.1%
TRAYLER 2T3	23	0.3%
TRAYLER 3T2	7	0.1%
TRAYLER 3T3	6	0.1%
TRAYLER 3T4	0	0.0%
TOTAL	9021	100.0%

Figura N° 33. Composición del Volumen de Tránsito, año 2010.

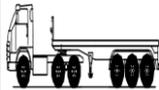


Fuente: (MTC). Recopilado el 6 y 7 de abril del 2017

Elaboración propia.

3.6.3.1.2 Características y Volumen de Tránsito del Año 2017.

Tabla N° 37. Características y Volumen de Tránsito Corregido, año 2017.

Vehículos		IMD día 1	IMD día 2	IMD día 3	IMDA	FC	IMDA	
		[1]	[2]	[3]	[4] (1+2+3)/3			[5]
 Vehículos Ligeros	Auto	2526	2897	3180	2868	1.064324722	3052	
	Stat. Wagon	5030	5770	6342	5714	1.064324722	6082	
	Pick Up	865	994	877	912	1.064324722	971	
	Panel	34	30	25	30	1.064324722	32	
	Combi	1262	1552	1890	1568	1.064324722	1669	
	Micro bus	1227	1009	993	1076	1.064324722	1146	
 Vehículos Pesados	Bus	2E (B2)	48	56	58	54	1.048226556	57
		3E (B3)	81	68	72	74	1.048226556	77
		4E (B4)	3	3	6	4	1.048226556	4
	Camión	2E (C2)	698	811	806	772	1.048226556	809
		3E (C3)	267	242	202	237	1.048226556	248
		4E (C4)	17	13	6	12	1.048226556	13
	Semi Tráiler	2S1 (T2S1)	12	1	0	4	1.048226556	5
		2S2 (T2S2)	4	2	3	3	1.048226556	3
		2S3 (T2S3)	5	10	3	6	1.048226556	6
		3S1 (T3S1)	2	0	2	1	1.048226556	1
		3S2 (T3S2)	7	10	9	9	1.048226556	9
		3S3 (T3S3)	194	205	174	191	1.048226556	200
	Tráiler	2T2 (C2R2)	2	0	1	1	1.048226556	1
		2T3 (C2R3)	1	2	3	2	1.048226556	2
		3T2 (C3R2)	6	6	1	4	1.048226556	5
		3T3 (C3R3)	10	7	2	6	1.048226556	7
	3T4 (C3R4)	0	4	0	1	1.048226556	1	
TOTAL		12,301	13,692	14,655	13549		14399	

Fuente: Elaboración propia

El valor corregido del IMDA para el año 2017 es resultado de la multiplicación del promedio de conteo realizados los días 1, 2 y 3. El promedio es multiplicado por un factor de corrección estacional (FC), cuyos valores se muestran en la tabla siguiente, que corresponden al peaje de Saylla por ser el más cercano a la zona de estudio y para el mes de Marzo, por el hecho de que el conteo se realizó los días 23, 24 y 25 del mes de Marzo.

Tabla N° 38. Factores Corrección Estacional (FC)

Tipo de vehículo	Código	Peaje	Marzo
Pesados	P061	Saylla	1.048227
Ligeros	P061	Saylla	1.064325

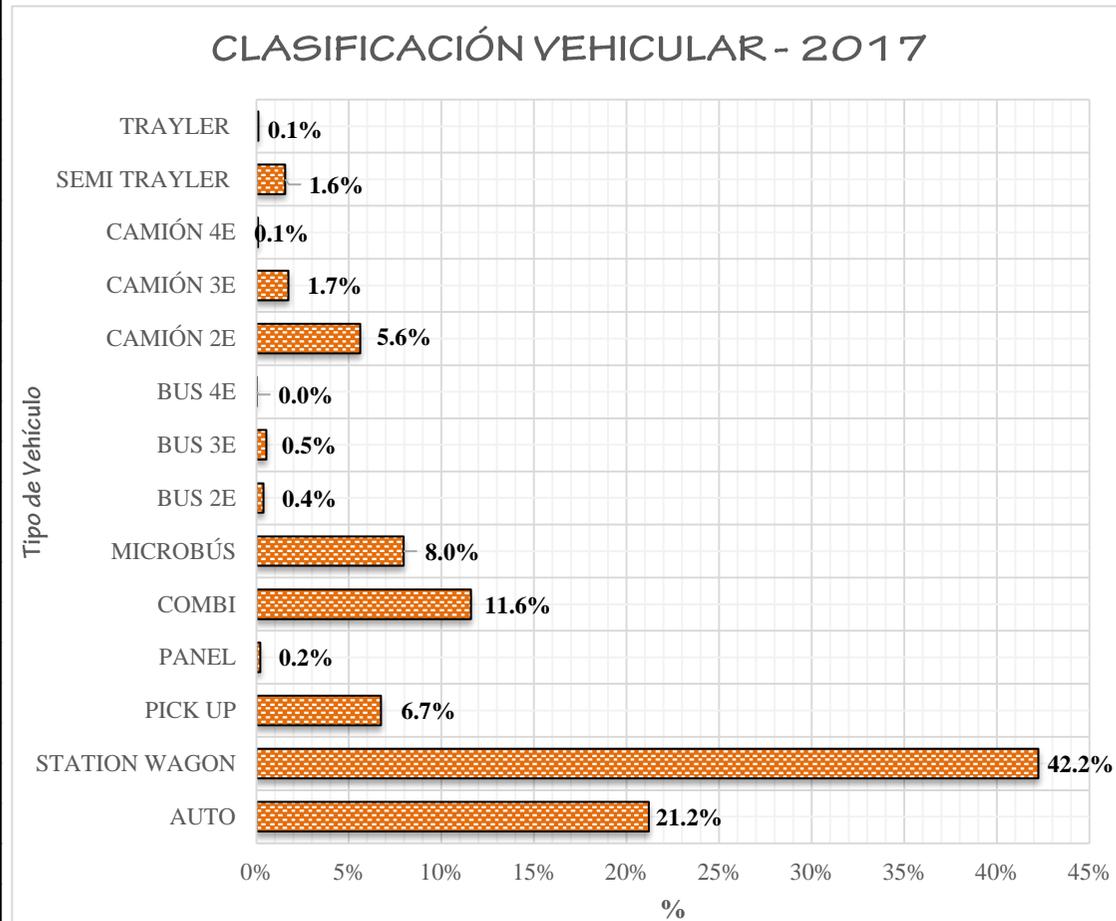
Fuente: (MTC, MEF, 2006)



Tabla N° 39. Características y Volumen de Tránsito, año 2017.

TIPO DE VEHÍCULO	IMDA	%
AUTO	3052	21.2%
STATION WAGON	6082	42.2%
PICK UP	971	6.7%
PANEL	32	0.2%
COMBI	1669	11.6%
MICROBÚS	1146	8.0%
BUS 2E	57	0.4%
BUS 3E	77	0.5%
BUS 4E	4	0.0%
CAMIÓN 2E	809	5.6%
CAMIÓN 3E	248	1.7%
CAMIÓN 4E	13	0.1%
SEMI TRAYLER 2S1 Y 2S2	8	0.1%
SEMI TRAYLER 2S3	6	0.0%
SEMI TRAYLER 3S1 Y 3S2	10	0.1%
SEMI TRAYLER 3S3	200	1.4%
TRAYLER 2T2	1	0.0%
TRAYLER 2T3	2	0.0%
TRAYLER 3T2	5	0.0%
TRAYLER 3T3	7	0.0%
TRAYLER 3T4	1	0.0%
TOTAL	14399	100.0%

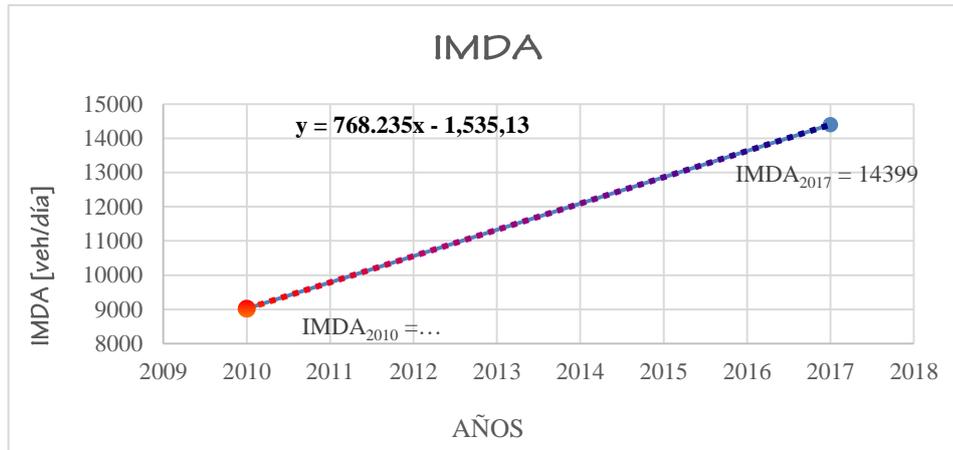
Figura N° 34. Composición del Volumen de Tránsito, año 2017.



Fuente: Elaboración propia

3.6.3.1.3 Características y Volumen de Tránsito del Periodo de 2012 – 2016.

Figura N° 35. Gráfica de Regresión Lineal para Obtener los Valores de IMDA.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 40. IMDA para el Periodo de Evaluación (2012 – 2016)

Año	IMDA [veh/día]
2010	9021
2011	9789
2012	10557
2013	11325
2014	12094
2015	12862
2016	13630
2017	14399

Fuente: Elaboración propia.

3.6.3.2 ANÁLISIS GENERAL DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL TRÁNSITO

Con los datos obtenidos de la plataforma del Ministerio de Transportes y Comunicaciones y con el resultado del conteo y clasificación vehicular, se puede observar el crecimiento del parque automotor, que en un periodo de 7 años ha crecido en un 63% a partir del año 2000.

Asimismo se observa que el tráfico vehicular está compuesto principalmente por vehículos ligeros, siendo los autos y de forma específica los modelo Station Wagon los de mayor porcentaje en cada año.

Para el período de análisis (2012 – 2016), los valores de IMDA son obtenidos por regresión lineal donde los valores para cada año varían a razón de 768 vehículos.

3.6.4 CARACTERÍSTICAS Y ENTORNO DE LA VÍA

3.6.4.1.1 PROCESAMIENTO Y DIAGRAMAS DE CARACTERÍSTICAS Y ENTORNO DE LA VÍA

Los datos recopilados que se muestran en la Tabla N^o 41 se han ordenado de acuerdo a los segmentos de carretera establecidas para el estudio de la vía.

En la siguiente Tabla se muestra el tipo de superficie, el estado de transitabilidad, el ancho de plataforma y los accesos que corresponden a cada segmento de carretera.

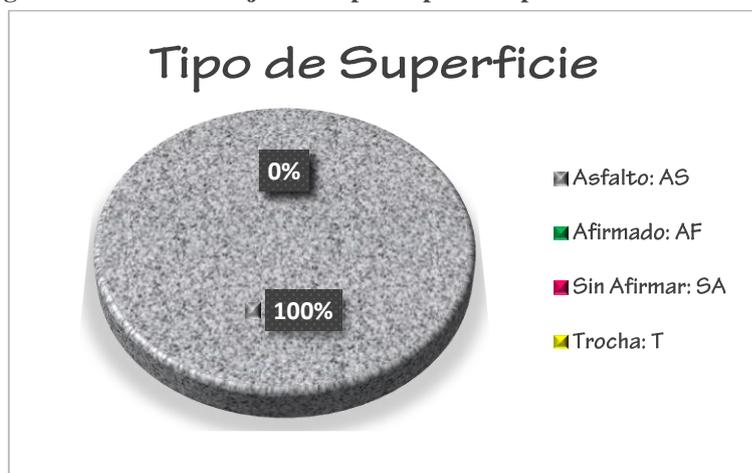
Tabla N^o 41. Resumen por segmentos de Características y Entorno de la Vía.

Segmento	Progresiva		Tipo de Superficie	Estado de Transitabilidad	Ancho de plataforma [m]	Accesos
	Del Km	Al Km				
S-01	954+000.0	954+160.0	AS	B	7.8	1
S-02	954+160.0	954+400.0	AS	B	7.8	3
S-03	954+400.0	954+600.0	AS	B	7.8	0
S-04	954+600.0	954+850.0	AS	B	7.8	1
S-05	954+850.0	955+100.0	AS	B	7.8	1
S-06	955+100.0	955+350.0	AS	B	7.8	1
S-07	955+350.0	955+600.0	AS	B	7.8	3
S-08	955+600.0	955+800.0	AS	B	7.8	3
S-09	955+800.0	956+000.0	AS	B	7.8	0
S-10	956+000.0	956+250.0	AS	B	7.8	0
S-11	956+250.0	956+500.0	AS	B	7.8	1
S-12	956+500.0	956+700.0	AS	B	7.8	2
S-13	956+700.0	956+900.0	AS	B	7.8	0
S-14	956+900.0	957+100.0	AS	B	7.8	0
S-15	957+100.0	957+300.0	AS	B	7.8	0
S-16	957+300.0	957+550.0	AS	B	7.8	2
S-17	957+550.0	957+800.0	AS	B	7.8	0
S-18	957+800.0	958+000.0	AS	B	7.8	1
S-19	958+000.0	958+250.0	AS	B	7.8	0
S-20	958+250.0	958+450.0	AS	B	7.8	0
S-21	958+450.0	958+750.0	AS	B	7.8	1
S-22	958+750.0	959+000.0	AS	B	7.8	0
S-23	959+000.0	959+200.0	AS	B	7.8	1
S-24	959+200.0	959+500.0	AS	B	7.8	4
S-25	959+500.0	960+000.0	AS	B	7.8	6
S-26	960+000.0	960+250.0	AS	B	7.8	3
S-27	960+250.0	960+450.0	AS	B	7.8	1
S-28	960+450.0	960+650.0	AS	B	7.8	2

Segmento	Progresiva		Tipo de Superficie	Estado de Trans itabilid ad	Ancho de plataforma [m]	Accesos
	Del Km	Al Km				
S-29	960+650.0	960+850.0	AS	M	7.8	0
S-30	960+850.0	961+150.0	AS	M	7.8	5
S-31	961+150.0	961+350.0	AS	R	7.8	3
S-32	961+350.0	961+600.0	AS	R	12	4
S-33	961+600.0	962+000.0	AS	R	12	6
S-34	962+000.0	962+200.0	AS	R	12	4
S-35	962+200.0	962+400.0	AS	R	12	4
S-36	962+400.0	962+650.0	AS	R	12	1
S-37	962+650.0	962+850.0	AS	R	12	2
S-38	962+850.0	963+150.0	AS	R	12	3
S-39	963+150.0	963+450.0	AS	R	12	2
S-40	963+450.0	963+650.0	AS	R	12	1
S-41	963+650.0	963+850.0	AS	R	12	0
S-42	963+850.0	964+100.0	AS	R	12	1
S-43	964+100.0	964+300.0	AS	R	12	2
S-44	964+300.0	964+500.0	AS	M	7.8	2
S-45	964+500.0	964+700.0	AS	M	7.8	0
S-46	964+700.0	964+900.0	AS	M	7.8	0
S-47	964+900.0	965+150.0	AS	M	7.8	0
S-48	965+150.0	965+400.0	AS	M	7.8	1
S-49	965+400.0	965+700.0	AS	R	7.8	7
S-50	965+700.0	966+000.0	AS	R	7.8	5
S-51	966+000.0	966+300.0	AS	R	12	4
S-52	966+300.0	966+550.0	AS	R	12	4
S-53	966+550.0	966+800.0	AS	R	12	7
S-54	966+800.0	967+100.0	AS	R	11.2	6

Fuente: Elaboración propia.

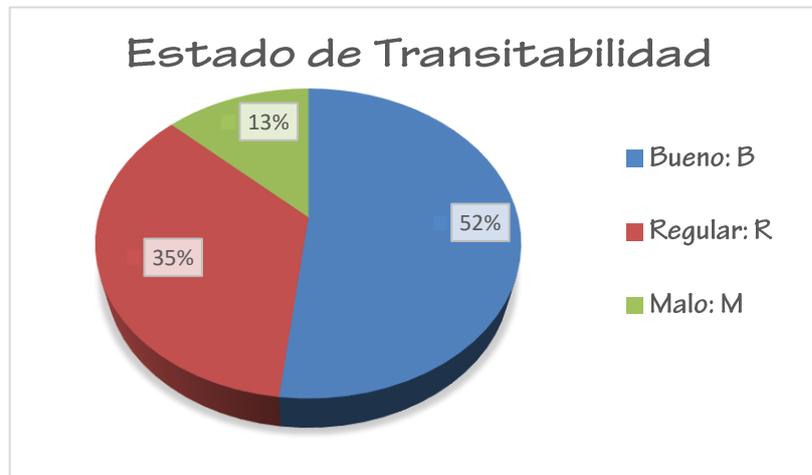
Figura N° 36. Porcentaje de vía por Tipo de Superficie



Fuente: Elaboración propia

Si bien se considera el 100% de la superficie de la vía en estudio de asfalto, los cuatro últimos segmentos tienen una superficie que corresponde a un pavimento rígido, pero se considera como asfalto para efectos de los cálculos posteriores.

Figura N° 37. Porcentaje de vía por Estado de Transitabilidad



Fuente: Elaboración propia

Para el estado de transitabilidad de la vía se ha considerado que el 52% de la vía se encuentra en un buen estado de transitabilidad, el 35% en un regular estado y un 13% se encuentra en un estado malo de transitabilidad.

3.6.4.1.2 ANÁLISIS GENERAL DE LAS CARACTERÍSTICAS Y ENTORNO DE LA VÍA

La vía en estudio se encuentra en su totalidad pavimentada, sea con pavimento flexible o rígido, pero de este total el 46% se encuentra en un regular estado de transitabilidad debido a que esta no ha recibido mantenimiento y por la alta densidad vehicular en la vía. El restante 54% que se encuentra en un buen estado de transitabilidad es el tramo de vía que recibe mantenimiento periódico por parte del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

3.6.5 INSPECCIÓN DE SEGURIDAD VIAL

Por las condiciones de la vía tanto de geometría, entorno y de IMDA, se ha decidido evaluar toda la vía en su conjunto utilizando los indicadores propios de una Lista de Chequeo para obtener un análisis completo de la vía, el cual será comparado posteriormente con el resultado del Método Predictivo del HSM. Descartando así el uso

de los Tramos de Concentración de Accidentes para el estudio, siendo estos solo parte del método que aligera y reduce el trabajo de inspección vial en vías extensas.

3.6.5.1 PROCESAMIENTO Y DIAGRAMAS DE LA INSPECCIÓN DE SEGURIDAD VIAL

3.6.5.1.1 Descripción del Trazado Actual

La longitud del tramo de carretera estudiado es de 13.100 Km, trazado sobre una orografía ondulada y accidentada (Tipo 2 y 3), según la clasificación de las carreteras por orografía del Manual de Diseño geométrico DG-2014.

El estudio inicia en el hito Km 954 +000 de la Carretera Nacional y continúa siguiendo la progresión de los hitos hasta la Av. Antonio Lorena a la altura de la plazoleta Belén, donde la progresión kilométrica es Km 967 + 100.

La zona de estudio abarca zonas urbanas y rurales lo que influye en la seguridad vial, debido a la mayor densidad poblacional y vehicular en una u otra zona.

Figura N° 38. Tramo Poroy - Av. Antonio Lorena a Analizar en la Carretera Nacional PE-3S



Fuente: (Mapa Digital: Google Earth, 2016)

Figura N° 39. Foto de Inicio de Zona de Estudio, Km 954



Fuente: Registro fotográfico.

De acuerdo al IMDA actual la carretera no cumple con las características geométricas necesarias para un IMDA actual de 14 000 Veh/día lo que nos indica que la carretera debería estar diseñada para cumplir con las características de una Autopista de primera clase, según el Manual DG - 2014.

3.6.5.1.2 Parámetros Básicos de Evaluación

Los parámetros utilizados para la evaluación se basan en la Reglamentación propuesta por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, principalmente el Manual de Diseño Geométrico DG-2014 y de forma complementaria el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito automotor para Calles y Carreteras, la Directiva N° 01-2001-MTC/14 Reductores de velocidad tipo resalto para el Sistema Nacional de Carreteras y la Directiva N° 007-2008-MTC/02 Sistema de contención de vehículos tipo Barreras de Seguridad.

Los parámetros de evaluación son: *Para una Carretera de Tercera Clase*

Orografía	: Terreno ondulado y accidentado
Velocidad máxima permitida	: 35 Km/h
Peralte máximo	: 10 %
Radio Mínimo deseable	: 45 m
Radio mínimo absoluto	: 25 m

Pendiente mínima	: 0.2%
Pendiente máxima deseable	: 9.5 %
Pendiente máxima absoluta	: 8.8 %
Ancho de calzada	: variable

Tabla N° 42. Anchos de Calzada Presentes en la Vía.

Progresiva		Ancho [m]
Inicio	Fin	
954+000	961+360	7.8
961+360	964+220	12
964+220	965+685	7.8
965+685	966+725	12
966+725	967+100	13.4

Fuente: Elaboración propia.

Ancho de berma : 0.70 m pavimentado y 0.90 m sobreebanco de compactación (s.a.c.)*

* Desde Km 954 hasta Km 960 +700

Según el Manual DG-2014, en la Tabla 204.01 de Rangos de velocidad de Diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía, para una Carretera de Tercera Clase, la velocidad de diseño es la correcta para el tipo de vía y las condiciones orográfica teniendo el valor mínimo de 30 Km/h.

Sin embargo, con las consideraciones actuales de IMDA, la carretera necesita una clasificación de Autopista de primera clase, siendo 70 km/h la velocidad mínima de diseño.

Figura N° 40. Señal Vertical que Indica la Velocidad Máxima de 35 Km/h



En la zona urbana, se pudo observar que la velocidad esperada es de 35 km/h, velocidad con la que se hizo las evaluaciones posteriores.

Fuente: Registro fotográfico.

3.6.5.1.3 Estudio del Diseño Geométrico

A. Estudio del Diseño Geométrico Horizontal

A.1. Consideraciones de diseño horizontal

Referencia: Manual DG-2014, Sección 302.02

Deben evitarse tramos con alineamientos rectos demasiado largos.

Para ángulos de deflexión Δ pequeños ($\leq 5^\circ$)

V (Km/h)	Δ máx. sin CC
30	02°30'
35	02°22'
40	02°15'

A.2. Estudio de los tramos en tangente

Para una velocidad máxima permitida de 35 Km/h las tangentes deben cumplir con las siguientes longitudes mínimas:

Tabla N° 43. Longitudes mínimas de tramos en tangente

V [km/h]	Lmin.s [m]	Lmin.o [m]	Lmáx [m]
30	42	84	500
35	49	97.5	584
40	56	111	668

Fuente: Referencia: Tabla 302.01 Longitud de tramos en tangente (DG-2014)

Con los valores mínimos establecidos por el DG-2014, se ha procedido con la verificación de las longitudes en tangentes de la vía evaluada.

Donde:

En [1]

- Verificar : Si existe un trazado en “S”, verificar en [2] y [3]
- Exceso : Si la Longitud de Tangente exceda los 584 m
- No Cumple : Si la Longitud de Tangente es menor a 49 m

En [2]

- Verificar : Si existe un trazado en “S”, verificar en [3]
- Cumple : Si la Longitud de Tangente es mayor a 97.5 m
- No Cumple : Si la Longitud de Tangente es menor a 97.5 m

En [3]

- Cumple : Si la Longitud de Tangente es mayor a 49 m en trazados en “S” o mayor a 97.5 m en los demás trazados.
- No Cumple : Si la Longitud de Tangente es menor a 49 m en trazados en “S” o menor a 97.5 en los demás trazados o es mayor a 584 m.

Tabla N° 44. Comprobación de la longitud mínima de tramos en tangente

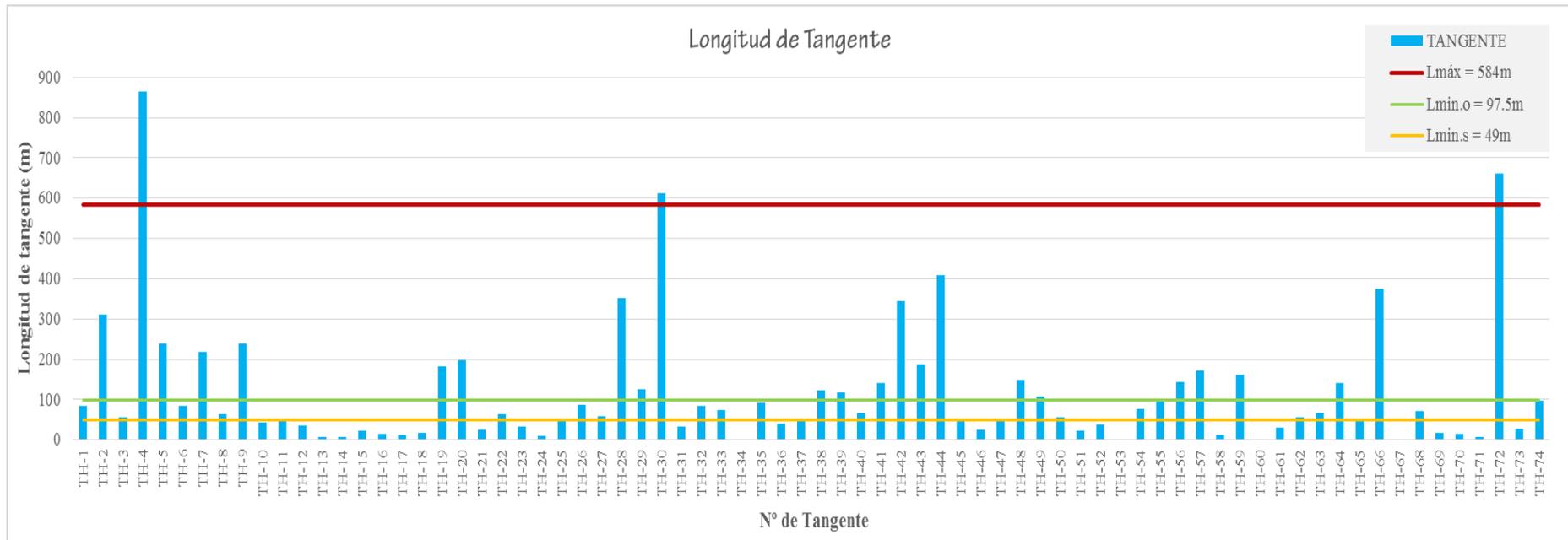
N° de Tangente	TANGENTE		Longitud de Tangente (m)	L<49m	L<97.5m	Trazado en "S"	Condición
	Principio de Tangente	Principio de Curva					
	PT	PC					
TH-1	954+075.1	954+160.1	85.00	Verificar	No Cumple		No cumple
TH-2	954+308.0	954+619.5	311.50	Verificar	Cumple		Cumple
TH-3	954+657.7	954+713.9	56.20	Verificar	Verificar	Cumple	Cumple
TH-4	954+772.4	955+638.0	865.60	Exceso!!			No cumple
TH-5	955+668.0	955+907.8	239.80	Verificar	Cumple		Cumple
TH-6	955+936.9	956+021.2	84.30	Verificar	Verificar		No cumple
TH-7	956+113.1	956+332.1	219.00	Verificar	Cumple		Cumple
TH-8	956+368.7	956+432.8	64.10	Verificar	Verificar	Cumple	Cumple
TH-9	956+475.1	956+715.1	240.00	Verificar	Cumple		Cumple
TH-10	956+895.4	956+937.8	42.40	No cumple			No cumple
TH-11	956+978.9	957+024.2	45.30	No cumple			No cumple
TH-12	957+062.6	957+098.3	35.70	No cumple			No cumple
TH-13	957+135.7	957+142.9	7.20	No cumple			No cumple
TH-14	957+192.7	957+200.6	7.90	No cumple			No cumple
TH-15	957+227.4	957+248.7	21.30	No cumple			No cumple
TH-16	957+275.5	957+291.2	15.70	No cumple			No cumple
TH-17	957+316.8	957+328.1	11.30	No cumple			No cumple
TH-18	957+369.5	957+387.9	18.40	No cumple			No cumple
TH-19	957+453.2	957+634.2	181.00	Verificar	Cumple		Cumple
TH-20	957+699.6	957+897.5	197.90	Verificar	Cumple		Cumple
TH-21	957+963.9	957+987.8	23.90	No cumple			No cumple
TH-22	958+002.2	958+066.5	64.30	Verificar	Verificar	Cumple	Cumple
TH-23	958+124.4	958+156.0	31.60	No cumple			No cumple
TH-24	958+244.0	958+252.5	8.50	No cumple			No cumple
TH-25	958+307.4	958+360.7	53.30	Verificar	Verificar	Cumple	Cumple
TH-26	958+377.8	958+463.6	85.80	Verificar	No Cumple		No cumple
TH-27	958+545.0	958+604.6	59.60	Verificar	Verificar	Cumple	Cumple
TH-28	958+718.8	959+071.1	352.30	Verificar	Cumple		Cumple
TH-29	959+103.0	959+227.4	124.40	Verificar	Cumple		Cumple
TH-30	959+432.8	960+044.5	611.70	Exceso!!			No cumple



N° de Tangente	TANGENTE		Longitud de Tangente (m)	L<49m	L<97.5m	Trazado en "S"	Condición
	Principio de Tangente	Principio de Curva		[1]	[2]	[3]	
	PT	PC					
TH-31	960+096.4	960+127.9	31.50	No cumple			No cumple
TH-32	960+229.1	960+313.8	84.70	Verificar	No Cumple		No cumple
TH-33	960+405.7	960+478.4	72.70	Verificar	Verificar	Cumple	Cumple
TH-34	960+515.6	960+515.6	0.00	No cumple			No cumple
TH-35	960+559.4	960+650.7	91.30	Verificar	No Cumple		No cumple
TH-36	960+760.7	960+801.4	40.70	No cumple			No cumple
TH-37	960+830.7	960+876.2	45.50	No cumple			No cumple
TH-38	960+906.2	961+028.6	122.40	Verificar	Cumple		Cumple
TH-39	961+110.4	961+228.8	118.40	Verificar	Cumple		Cumple
TH-40	961+299.6	961+366.5	66.90	Verificar	Verificar	Cumple	Cumple
TH-41	961+475.5	961+617.3	141.80	Verificar	Cumple		Cumple
TH-42	961+671.4	962+015.0	343.60	Verificar	Cumple		Cumple
TH-43	962+051.5	962+240.0	188.50	Verificar	Cumple		Cumple
TH-44	962+325.6	962+734.9	409.30	Verificar	Cumple		Cumple
TH-45	962+804.9	962+856.0	51.10	Verificar	Verificar	Cumple	Cumple
TH-46	962+938.0	962+963.8	25.80	No cumple			No cumple
TH-47	963+118.9	963+163.8	44.90	No cumple			No cumple
TH-48	963+193.6	963+341.5	147.90	Verificar	Cumple		Cumple
TH-49	963+417.8	963+524.6	106.80	Verificar	Cumple		Cumple
TH-50	963+642.0	963+698.1	56.10	Verificar	Verificar	Cumple	Cumple
TH-51	963+776.6	963+799.3	22.70	No cumple			No cumple
TH-52	963+821.2	963+860.1	38.90	No cumple			No cumple
TH-53	963+906.5	963+907.8	1.30	No cumple			No cumple
TH-54	963+956.5	964+033.7	77.20	Verificar	Verificar	Cumple	Cumple
TH-55	964+050.2	964+144.2	94.00	Verificar	No Cumple		No cumple
TH-56	964+156.3	964+300.8	144.50	Verificar	Cumple		Cumple
TH-57	964+355.1	964+526.2	171.10	Verificar	Cumple		Cumple
TH-58	964+554.8	964+566.1	11.30	No cumple			No cumple
TH-59	964+586.3	964+747.9	161.60	Verificar	Cumple		Cumple
TH-60	964+812.1	964+813.6	1.50	No cumple			No cumple
TH-61	964+877.4	964+906.7	29.30	No cumple			No cumple
TH-62	964+994.5	965+051.2	56.70	Verificar	Verificar	Cumple	Cumple
TH-63	965+107.4	965+173.7	66.30	Verificar	Verificar	Cumple	Cumple
TH-64	965+283.0	965+422.8	139.80	Verificar	Cumple		Cumple
TH-65	965+432.4	965+482.6	50.20	Verificar	Verificar	Cumple	Cumple
TH-66	965+491.4	965+867.5	376.10	Verificar	Cumple		Cumple
TH-67	965+923.2	965+924.7	1.50	No cumple			No cumple
TH-68	965+980.5	966+052.2	71.70	Verificar	Verificar	Cumple	Cumple
TH-69	966+076.4	966+093.4	17.00	No cumple			No cumple
TH-70	966+121.2	966+136.3	15.10	No cumple			No cumple
TH-71	966+210.7	966+216.5	5.80	No cumple			No cumple
TH-72	966+279.2	966+940.9	661.70	Exceso!!			No cumple
TH-73	966+957.8	966+985.5	27.70	No cumple			No cumple
TH-74	967+004.0	967+100.0	96.00	Verificar	No Cumple		No cumple

Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 41. Longitudes Mínimas de Tangente.



Condición	Cantidad	%
N° de tangentes que cumplen	35	47%
N° de tangentes que no cumplen	39	53%
Total (Tangente)	74	100%

Fuente: Elaboración propia

Se ha determinado que existen tres tramos en tangente que exceden la longitud máxima permitida y 35 tramos en tangente que cumplen con las longitudes mínimas.

A.3 Estudio de las curvas circulares

A.3.1 Radio mínimo

Respecto al radio mínimo de curvatura, para una velocidad esperada de 35 Km/h, el Manual DG-2014 nos indica un valor mínimo de: 40 m. No se cumple esta condición en las siguientes curvas:

Tabla N° 45. Comprobación del Radio Mínimo en Curvas Circulares.

N° CURVA	PROGRESIVA		Radio de Curvatura (R) [m]	Condición R≥40m
	Principio de Curva	Principio de Tangente		
	PC	PT		
C-1	954+000.0	954+075.1	110	Cumple
C-2	954+160.1	954+308.0	105	Cumple
C-3	954+619.5	954+657.7	300	Cumple
C-4	954+713.9	954+772.4	300	Cumple
C-5	955+638.0	955+668.0	120	Cumple
C-6	955+907.8	955+936.9	500	Cumple
C-7	956+021.2	956+113.1	500	Cumple
C-8	956+332.1	956+368.7	500	Cumple
C-9	956+432.8	956+475.1	500	Cumple
C-10	956+715.1	956+895.4	280	Cumple
C-11	956+937.8	956+978.9	300	Cumple
C-12	957+024.2	957+062.6	100	Cumple
C-13	957+098.3	957+135.7	300	Cumple
C-14	957+142.9	957+192.7	500	Cumple
C-15	957+200.6	957+227.4	300	Cumple
C-16	957+248.7	957+275.5	200	Cumple
C-17	957+291.2	957+316.8	100	Cumple
C-18	957+328.1	957+369.5	30	No cumple
C-19	957+387.9	957+453.2	50	Cumple
C-20	957+634.2	957+699.6	60	Cumple
C-21	957+897.5	957+963.9	60	Cumple
C-22	957+987.8	958+002.2	90	Cumple
C-23	958+066.5	958+124.4	35	No cumple
C-24	958+156.0	958+244.0	65	Cumple
C-25	958+252.5	958+307.4	60	Cumple
C-26	958+360.7	958+377.8	120	Cumple
C-27	958+463.6	958+545.0	120	Cumple
C-28	958+604.6	958+718.8	75	Cumple
C-29	959+071.1	959+103.0	100	Cumple
C-30	959+227.4	959+432.8	195	Cumple
C-31	960+044.5	960+096.4	100	Cumple
C-32	960+127.9	960+229.1	160	Cumple
C-33	960+313.8	960+405.7	50	Cumple