

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
UNIDAD DE POSGRADO**



**EVALUACIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS
INTELIGENTES DE TRANSPORTE EN LOS PUNTOS CRITICOS
DE ACCIDENTES DE TRANSITO EN VÍAS NACIONALES**

TESIS

**PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS
CON MENCIÓN EN INGENIERÍA DE TRANSPORTES**

ELABORADO POR

JHONY ASTOCHAO DELGADO

ASESOR

Dr. Ing. JOSÉ CARLOS MATÍAS LEÓN

AYACUCHO-PERÚ
2015

EVALUACIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS
INTELIGENTES DE TRANSPORTE EN LOS PUNTOS CRITICOS DE
ACCIDENTES DE TRANSITO EN VÍAS NACIONALES

Jhony Astochao Delgado

Presentado a la Sección de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Civil en cumplimiento parcial de
los requerimientos para el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN INGENIERÍA DE TRANSPORTE
DE LA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

2015

Autor : Jhony Astochao Delgado

Recomendado : Dr. Ing. José Carlos Matías León
Asesor de la Tesis

Aceptado por : Dr. Jorge Elías Alva Hurtado
Jefe de la Sección de Posgrado

@ Año; Universidad Nacional de Ingeniería, todos los derechos reservados ó el autor autoriza a
la UNI-FIC a reproducir la tesis en su totalidad o en partes

DEDICATORIA

A la memoria de mi
querida madre Luzmila.

A mi padre por sus
desvelados sacrificios en
mi formación profesional y
apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de Ingeniería, por haberme brindado la oportunidad de acogerme en su seno.

A los señores docentes de la Sección de Pos Grado de la Facultad de Ingeniería Civil, por sus enseñanzas y contribución en mi Especialización.

Al Dr. José Carlos Matías León, por el asesoramiento en la elaboración del presente estudio.

De igual manera, expreso mi reconocimiento y gratitud a todas aquellas personas, que me brindaron su apoyo y colaboración desinteresada.

Índice general

Portada	
Dedicatoria	iii
Agradecimientos	iv
Índice General	v
Índice de Cuadros	xi
Índice de Figuras	xii
INTRODUCCION	1
CAPITULO I	2
1.1. Antecedentes	2
1.2. Problema	3
1.3. Justificación	3
1.4. Objetivos	3
1.5. Hipótesis	4
1.6. Unidad de Análisis	5
1.7. Tipo y nivel de investigación	5
1.8. Procesamiento de datos	6
CAPITULO II	7
2.1. Conceptos generales	7
2.2. Accidente de tránsito	7
2.3. Tipos de accidente de tránsito	7
2.3.1. Atropello	7
2.3.2. Colisión entre vehículos	7
2.3.3. Colisión con punto fijo	8
2.3.4. Vuelcos	8
2.3.5. Accidente con cruce de animales	8

2.3.6. Caída de pasajeros	8
2.3.7. Caída de objetos	8
2.4. Causas de los accidentes de tránsito	8
2.4.1. Debido a la carretera	8
2.4.2. Debidas a factores ambientales	8
2.4.3. Debido a fallas mecánicas	9
2.4.4. Causas debidas a factores humanos	9
2.5. Clases de accidentes de tránsito	9
2.5.1. Accidentes de tránsito simple	9
2.5.2. Accidentes de tránsito múltiple	10
2.5.3. Accidentes de tránsito mixtos	11
2.5.4. Accidentes de tránsito en cadena	12
2.6. Fases de los accidentes de tránsito	12
2.6.1. Fase de percepción	12
2.6.2. Fase de decisión	12
2.6.3. Fase de conflicto	13
2.7. Seguridad vial	13
2.7.1. Estado actual de la seguridad vial en el Perú	13
2.8. Definición de los puntos negros	14
2.9. Definición de los tramos de concentración de accidentes de tránsito	14
2.10. Identificación de TCA según ley provincial N° 8560	15
2.10.1. Método del Índice de Peligrosidad	15
2.11. Identificación de TCA según método del Transportation Research Board (TRB) (EEUU)	17
2.11.1. Criterios para identificación de TCA	17
2.11.2. Método del Número de Accidentes	18
2.11.3. Método de la Tasa de Accidentes	19

2.11.4. Método del Numero – Tasa	20
2.11.5. Método del Control de Calidad de la Tasa	21
2.12. Estudio de tráfico	23
2.12.1. Volumen de Transito	23
2.12.2. Volumen de Transito Absoluto o Totales	24
2.12.3. Volumen de Transito Promedio Diarios	25
2.12.4. Uso de los Volúmenes de Transito	25
2.12.5. Características de los Volúmenes de Transito	28
2.12.6. Distribución y Composición del Volumen de Transito	28
2.13. Sistemas inteligentes de transporte	29
2.13.1. Funcionamiento de un radar	29
2.13.2. Radares de tecnología microondas	29
2.13.3. Radares de tecnología láser	30
2.13.4. Sistema de grabación	30
2.13.5. Soportes del radar	30
2.13.5.1. Radares Móviles	30
2.13.5.2. Radares Fijos	30
2.13.5.3. Equipos	31
CAPITULO III	33
3.1. Descripción de la vía de estudio	33
3.1.1. Datos Generales	33
3.1.2. Localización de la Vía	34
3.2. Estudio volumétrico	35
3.2.1. Tramos Homogéneos	35
3.2.2. Ubicación de Peajes de Control	35
3.2.2.1. Unidad de Peaje Pacra	35
3.2.2.2. Unidad de Peaje Rumichaca	36

3.2.2.3. Unidad de Peaje Socos	36
3.2.3. Base de datos de flujo vehicular	37
3.2.3.1. Flujo Vehicular Mensual del Peaje Pacra	38
3.2.3.2. Flujo Vehicular Mensual del Peaje Rumichaca	39
3.2.3.3. Flujo Vehicular Mensual del Peaje Socos	40
3.2.4. Índice Medio Diario Anual (IMDA)	41
3.3. Información De Datos De Accidentes De Tránsito En La Vía Los Libertadores	41
3.3.1 Análisis de datos existentes.	41
3.3.2 Información total de accidentes en la vía.	42
3.3.3 Análisis de correlación de accidentes de tránsito y flujo vehicular.	43
3.4 Identificación De Tramos De Concentración De Accidentes.	44
3.4.1 Método del Índice de Peligrosidad.	45
3.4.2 Método del número de accidentes.	46
3.4.3 Método de la tasa de accidentes.	47
3.4.4 Método del Número - Tasa.	48
3.4.5 Método del Control de Calidad de la Tasa.	50
3.4.6 Evaluación de los Métodos.	51
3.5 Análisis Y Evaluación De Los Tramos De Concentración De Accidentes.	53
3.5.1 Evaluación de las Causas de Accidentes en T.C.A. con Información Policial.	54
3.5.2 Evaluación de los Elementos Geométrico de los T.C.A.	54
CAPITULO IV	73
4.1. Generalidades	73
4.2 Propuesta De La Mitigación.	73
4.2.1 Medida de mitigación	75
4.3 Vía Nacional Inteligente “Los Libertadores”	75

4.3.1	Sistemas SCADA	75
4.3.1.1	Unidades Maestras (Master Terminal Units)	76
4.3.1.2	Terminales Remotas (Remote Terminal Units)	80
4.3.2	Sistema de gestión de accidentes en la Vía “Los Libertadores”	81
4.3.2.1	Instrumentación de sensores	82
4.4	Contrastación De La Hipótesis.	86
4.5	Aporte De La Investigación.	90
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	91
	Conclusiones	91
	Recomendaciones	92
	Bibliografía	93
	Anexos	94

Índice de Cuadros

Cuadro N° 01 Flujo Vehicular Unidad de Peaje Pacra	38
Cuadro N° 02 Flujo Vehicular Unidad de Peaje Rumichaca	39
Cuadro N° 03 Flujo Vehicular Unidad de Peaje Socos	40
Cuadro N° 04 Índice Medio Diario	41
Cuadro N° 05 Distribución de Accidentes Registrados, Mensualmente	43
Cuadro N° 06 Análisis de Correlación de Flujo Vehicular y Número de Accidentes	44
Cuadro N° 07 Resumen de TCA Método del Número de Accidentes	46
Cuadro N° 08 Resumen de TCA Método de la Tasa de Accidentes	47
Cuadro N°09 Resumen de TCA Método del Numero – Tasa	48
Cuadro N°10 Resumen de TCA Método del Control de Calidad de la Tasa	50
Cuadro N°11 Resumen de Causas de Accidentes en los TCA	54
Cuadro N°12 Cuadro de Datos de Accidentes	87
Cuadro N°13 Resumen del procesamiento de los casos	87
Cuadro N°14 Cuadro descriptivo de datos estadísticos	88
Cuadro N°15 Pruebas De Normalidad	89
Cuadro N°16 Estadísticos De Muestras Relacionadas	89
Cuadro N°17 Correlaciones De Muestras Relacionadas	89
Cuadro N°18 Prueba T, De Muestras Relacionadas	90

Índice de Figuras

Figura 01: Anuncios dinámicos sobre puentes	31
Figura 02: Anuncios informativos de exceso de velocidad.	31
Figura 03: Para fotografiar vehículos en movimiento	32
Figura 04: Pistola radar génesis direccional	32
Figura 05: Midiendo la distancia y/o velocidad de un vehículo	32

RESUMEN

La presente Tesis realiza el análisis y evaluación de la implementación de Sistemas Inteligentes de Transporte en la Vía Los Libertadores para la reducción de los accidentes de tránsito en los Tramos de Concentración de Accidentes; utilizando el método del control de la calidad de la tasa se determinó 18 Tramos de Concentración de Accidentes en los cuales se determinó la causa de los accidentes y posteriormente realizo la verificación de las características geométricas de la via en estudio en cada TCA a fin de corroborar que los elementos geométricos de la via cumplan con la normativa vigente; obteniendo que la principal causa es el exceso de velocidad y los factores climáticos como nieve y neblina, para la mitigación del mismo en la presente investigación se plantea un sistema inteligente de transporte basado en el sistema SISTEMA SCADA PROPUESTO "Supervisory Control And Data Acquisition" (Control, Supervisor y Adquisición de Datos) que en un periodo de 10 años reducirá los accidentes de tránsito en un 60.92%

En el primer capítulo se describe la accidentabilidad a nivel mundial y nacional; se plantea la problemática, se establece el objetivo general y los objetivos específicos, así como la justificación y los límites de la misma. El segundo capítulo refiere al marco teórico usado en la presente investigación. En el tercer capítulo se realiza el cálculo, análisis y evaluación de los Tramos De Concentración De Accidentes. En el cuarto capítulo se realiza la propuesta de un Sistema SCADA como propuesta de Sistema Inteligente de Transporte para la mitigación del número de accidentes en los Tramos de Concentración de Accidentes y finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones a las que se llegaron con la presente investigación

ABSTRACT

This thesis makes the analysis and evaluation of the implementation of Intelligent Transport Systems in Via Los Libertadores for reducing traffic accidents in Tranches accident concentration ; using the method of quality control rate 18 accident concentration Sections in which the cause of the accident was determined and then completed the verification of the geometrical characteristics of the track on each TCA study to corroborate determined that geometric elements via comply with regulations ; obtaining that the main cause is speeding and climatic factors such as snow and mist for mitigation in the present investigation an intelligent transport system based system SCADA SYSTEM PROPOSED " Supervisory Control and Data Acquisition " arises (Control, Supervisor and Data Acquisition) in a period of 10 years will reduce traffic accidents in 60.92 %

In the first chapter the accident at global and national level is described ; the problem arises , the overall objective and specific objectives and justification and limits laid down therein . The second chapter concerns the theoretical framework used in this

investigation. In the third chapter the calculation , analysis and evaluation of Sections Accident Concentration is performed. In the fourth chapter the proposal of a SCADA system performs as proposed Intelligent Transportation System to mitigate the number of accidents in Sections accident concentration and finally the conclusions and recommendations that were reached with this investigation are presented

INTRODUCCIÓN

Los accidentes de tránsito son considerados como una epidemia de magnitud mundial por la OMS, ya que generan alrededor de 1.2 millones de víctimas mortales cada año en todo el mundo, y en promedio 35 millones de víctimas no mortales. Es importante notar que el total de víctimas afectadas no es la suma de las dos cifras antes mencionadas, sino que tiene un efecto multiplicador proporcional a la cantidad de personas afectadas con familias a su cargo.

Un dato alarmante es que los países con bajos y medianos ingresos como nuestro país son los que presentan las tasas de mortalidad más alta; asimismo cabe resaltar que las tasas de mortalidad han ido descendiendo en los países con ingresos altos en las últimas cuatro o cinco décadas con la implementación de Sistemas Inteligentes de Transporte, los accidentes de tránsito siguen constituyendo una causa importante de defunción, traumatismos y discapacidad. Donde casi la mitad de las personas que fallecen a consecuencia de accidentes de tránsito son peatones, ciclistas o usuarios vulnerables de la vía pública.

Esa proporción es incluso mayor en las economías de mayor pobreza. Se genera entonces un círculo vicioso en la relación “tamaño de la economía - sistemas de transporte – sistemas de tránsito – accidentes de tránsito” afectando gravemente la salud pública y en consecuencia el desarrollo de los países en el mundo.

El altísimo número de muertos y heridos debido a accidentes de tránsito constituye un grave problema aún sin resolver también en el Perú. Según las estadísticas elaboradas por la Policía Nacional, desde el año 2000 a la fecha se ha registrado una alarmante cifra de más de 700,000 accidentes. Una década nefasta que ha originado más de 31,000 muertes, principalmente por negligencia o imprudencia de los conductores. El Ministerio de Salud informó recientemente, que alrededor de 117 personas quedaron discapacitadas de por vida por accidentes de tránsito, en los últimos cuatro años. La atención sanitaria de estas víctimas, la mayoría entre 15 y 39 años de edad, cuesta alrededor de 150 millones de dólares anuales, cifra que representa el 0,15 por ciento del Producto Bruto Interno (PBI - 2014), según cálculos oficiales.

En la vía en estudio “Vía Los Libertadores” en el periodo del 2008 al 2012 se registraron 366 accidentes de tránsito de los cuales alrededor de 7 personas quedaron discapacitadas generando un costo de \$. 8'974, 358.97 anuales; la presente tesis pretende reducir los accidentes de tránsito con la implementación de Sistemas Inteligentes de Transporte en los Tramos de Concentración de Accidentes de la vía en estudio

CAPITULO I

1.1. ANTECEDENTES BIBLIOGRAFICOS.

Los accidentes de tránsito en calles y carreteras del mundo ocasionan alrededor de 500,000 muertos por año y 15 millones de personas lesionadas.

Los accidentes de tránsito son considerados como una epidemia de magnitud mundial por la OMS, ya que generan alrededor de 1.2 millones de víctimas mortales cada año en todo el mundo, y en promedio 35 millones de víctimas no mortales. Es importante notar que el total de víctimas afectadas no es la suma de las dos cifras antes mencionadas, sino que tiene un efecto multiplicador proporcional a la cantidad de personas afectadas con familias a su cargo.

Un dato alarmante es que los países con bajos y medianos ingresos son los que presentan las tasas de mortalidad más alta y en donde las tasas de mortalidad han ido descendiendo en los países con ingresos altos en las últimas cuatro o cinco décadas, los accidentes de tránsito siguen constituyendo una causa importante de defunción, traumatismos y discapacidad. Donde casi la mitad de las personas que fallecen a consecuencia de accidentes de tránsito son peatones, ciclistas o usuarios vulnerables de la vía pública.

Esa proporción es incluso mayor en las economías de mayor pobreza. Se genera entonces un círculo vicioso en la relación “tamaño de la economía - sistemas de transporte – sistemas de tránsito – accidentes de tránsito” afectando gravemente la salud pública y en consecuencia el desarrollo de los países en el mundo.

El altísimo número de muertos y heridos debido a accidentes de tránsito constituye un grave problema aún sin resolver también en el Perú. Según las estadísticas elaboradas por la Policía Nacional, desde el año 2000 a la fecha se ha registrado una alarmante cifra de más de 700,000 accidentes. Una década nefasta que ha originado más de 31,000 muertes, principalmente por negligencia o imprudencia de los conductores. El Ministerio de Salud informó recientemente, que alrededor de 117 personas quedaron discapacitadas de por vida por accidentes de tránsito, en los últimos cuatro años. La atención sanitaria de estas víctimas, la mayoría entre 15 y 39 años de edad, cuesta alrededor de 150 millones de dólares anuales, cifra que representa el 0,15 por ciento del Producto Bruto Interno (PBI - 2014)

Las Vías del Perú no tienen identificados los Tramos de Concentración de Accidentes de Tránsito (TCA) y las medidas de mitigación, ello hace que los costos económicos y sociales por accidentes de tránsito sean altos generando pérdidas económicas al país.

1.2. PROBLEMA

PROBLEMA GENERAL

- ¿De qué manera incide la implementación de sistemas inteligentes de transporte en la reducción de accidentes de tránsito en vías nacionales?

PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cómo se puede mitigar los Tramos de Concentración de Accidentes de tránsito?
- ¿De qué manera se determina la accidentabilidad en una vía?
- ¿De qué manera influye el tráfico en la accidentabilidad?
- ¿Cuál es la Relación de los elementos geométricos de la vía con los Tramos de Concentración de Accidentes?.

1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

La presente investigación se justifica como un aporte a la política de seguridad vial implantada por el Gobierno dado que Las Vías del Perú no tienen identificados los Tramos de Concentración de Accidentes de Tránsito (TCA) y con la Implementación de Sistemas Inteligentes de Transporte se pretende reducir los accidentes de tránsito reduciendo paulatinamente los costos económicos y sociales por accidentes de tránsito.

1.4. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Evaluar el impacto de la implementación de un sistema inteligente de transporte, en la disminución de accidentes de tránsito en vías nacionales para mejorar la seguridad vial.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los Tramos de Concentración de accidentes de tránsito en carreteras nacionales
- Determinar las causales de accidentes de tránsito
- Determinar la relación de los accidentes de tránsito con el flujo vehicular.
- Describir los sistemas inteligentes para la detección de parámetros causantes de accidentes de tránsito.

1.5. HIPÓTESIS, VARIABLES E INDICADORES.

HIPÓTESIS GENERAL

Si se analiza y evalúa el impacto de la implementación de un sistema inteligente de transporte en los tramos de concentración de accidentes de tránsito, que describe sus causas, entonces se reducirá el número de accidentes de tránsito.

HIPÓTESIS ESPECÍFICOS

- El método de control de calidad de la tasa es el más eficiente para determinar los tramos de concentración de accidentes
- Las causales de Accidentes se podrá identificar si se analiza la accidentabilidad de los puntos críticos mediante sistemas inteligentes de transporte que permite definir sus causas.
- El número de accidentes de tránsito tiene relación directa con el flujo vehicular.
- Los accidentes se reducirán si se evalúa, analiza y mitiga los puntos críticos de Accidentes de tránsito.

VARIABLES E INDICADORES.

VARIABLES dependientes:

- Número de Tramos de Concentración de Accidente de tránsito.

Indicadores

- Número de Accidentes/Km.

VARIABLES independientes:

- Velocidad del vehículo.
- Radio de giro.
- Pendiente de peralte.
- Pendiente longitudinal.
- Gradiente longitudinal
- Distancia de visibilidad.
- Distancia de parada.

Indicadores

- Km/hora.
- Metros.

- Porcentaje.
- Porcentaje.
- Porcentaje.
- Metros.
- Metros.

1.6. UNIDAD DE ANALISIS

La presente tesis analizara la Vía Los Libertadores determinando los Tramos de Concentración de Accidentes para la implementación de Sistemas Inteligentes de Transporte.

1.7. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACION

El tipo de investigación del presente proyecto es el de investigación experimental Se presenta mediante la manipulación de una variable experimental no comprobada, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin redescubrir de que modo o porque causa se produce una situación o acontecimiento particular. El experimento es una situación provocada por el investigador para introducir determinadas variables de estudio manipuladas por él, para controlar el aumento o disminución de esas variables y su efecto en las conductas observadas. En el experimento, el investigador maneja de manera deliberada la variable experimental y luego observa lo que ocurre en condiciones controladas¹. Este tipo de investigaciones presenten las siguientes fases:

Las fases en las que se desarrollará la presente investigación son:

Condiciones controladas. Este tipo de investigaciones presenten las siguientes fases:

FASES DE LA INVESTIGACIÓN

Fase 1: Recopilación De Información

- Normatividad establecida, y puntos críticos originados en la vía.

Fase 2: Selección de los puntos críticos

- Determinación de los puntos críticos.

Fase 3: Trabajo de Verificación de las condiciones Geométricas de la Vía

- Definición del sitio para la obtención de muestras.

Fase 4: Análisis de resultados

- Determinar los Tramos de Concentración de Accidentes.

¹ Metodología de Investigación, Mejía 1999

- Determinar la causa del accidente en los TCA para la implementación del Sistema Inteligente de Transporte.

1.8. PROCESAMIENTO DE DATOS

Para análisis de dato se utilizaran hojas de cálculo, con el cual se procederá a realizar un análisis de Volumen de Tráfico, Tramos de Concentración de Accidentes, causas. Se formulará superficies de respuesta que nos permitirá una mejor visualización de los resultados.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 CONCEPTOS GENERALES.

✓ **Tránsito.**

Actividad de personas y vehículos que circulan por una vía.

✓ **Vía.**

Camino, arteria o calle.

✓ **Barrera de seguridad vial.**

Sistema de contención de vehículos instalados en los márgenes o en el separador central de la carretera y en los bordes de los puentes.

✓ **Clasificador de rutas.**

Documento oficial del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC), clasificadas en Red Vial Nacional, Red Vial Departamental o Regional y Red Vial Vecinal o Rural. Incluye las carreteras existentes y en proyecto, el Código de Ruta y su definición según puntos o lugares principales que conecta.

✓ **Código de ruta.**

Identificación simplificada de una vía del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC).

✓ **Vehículo.**

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

2.2 ACCIDENTE DE TRÁNSITO

Cualquier hecho fortuito u ocurrencia entre uno o más vehículos en una vía pública o privada. Glosario de términos – MTC (2008)

2.3 TIPOS DE ACCIDENTE DE TRANSITO

1. Atropello:

Ocurre entre un vehículo en movimiento y al menos una persona.

2. Colisión entre vehículos:

Ocurre entre dos o más vehículos.

3. Colisión con punto fijo:

Ocurre entre un vehículo en movimiento y un objeto inerte que puede ser una casa, un poste, un boulevard, una acera inclusive con otro vehículo estacionado.

4. Vuelcos:

Es un tipo de accidente en el cual el conductor de un vehículo pierde el control del mismo.

5. Accidente con cruce de animales:

Es un accidente donde participa un vehículo y un animal (ganado).

6. Caída de pasajeros:

Ocurre cuando una persona cae de un vehículo que es transportada sufriendo lesiones o muertes.

7. Caída de objetos:

Este accidente ocurre, cuando, los vehículos del transporte de carga no aseguran correctamente la misma o violan la ley de tránsito al sobrecargarlos. Zambrana (2010)

2.4 CAUSAS DE LOS ACCIDENTES DE TRÁNSITO.

Las causas que producen un accidente de tránsito pueden ser:

- ✓ Debido al terreno o la carretera.
- ✓ Debido a factores ambientales
- ✓ Por defecto o falla mecánica.
- ✓ Por factores humanos.

Debido a la carretera.

Entre estas se pueden contar aquellas que se deben a defectos de diseño o ingeniería, como son: asfalto o material inadecuado, curvas sin peralte (inclinación en la carretera para contrarrestar la fuerza centrífuga) o mal diseñadas, pendientes o curvas muy pronunciadas, derrumbe, falta de señalización o demarcación, mal estado de la carretera, como son los baches y hundimientos, obstáculos en la vía tales como deslizamientos, piedras caídas, vehículos mal estacionados, animales.

Debidas a factores ambientales

Estos pueden ser aquellos como la lluvia, la luz solar(amanecer, crepúsculo u oscuridad), viento, neblina, tormenta, inundación, temblor, terremoto.

Debido a fallas mecánicas.

Entre estas se pueden contar aquellas como: llantas o frenos defectuosos, fallas en la dirección, suspensión o transmisión, entre otros.

Causas debidas a factores humanos.

Enfermedades o defectos físicos, impericia, imprudencia, negligencia, cansancio, conducción temeraria, irrespeto a las señales de tránsito, estado de Ebriedad, bajo efectos de droga o sustancias Psicotrópicas, exceso de velocidad. Zambrana (2010).

2.5 CLASES DE ACCIDENTES DE TRANSITO.

Los accidentes de tránsito se clasifican en:

2.5.1 ACCIDENTES DE TRÁNSITO SIMPLE.

Son todos aquellos en los que participa un solo vehículo en movimiento sobre la vía de circulación y con una relación directa o indirecta del elemento hombre. Entre ellos tenemos:

a. Choque.

Viene a ser la colisión de un vehículo en movimiento con un objeto fijo o contra otro vehículo estacionado. Entre ellos tenemos:

- ✓ Choque Frontal, cuándo un vehículo colisiona y lo hace con su parte anterior
- ✓ Choque Angular, cuando el vehículo que impacta lo hace con cualquiera de sus ángulos.
- ✓ Choque Lateral, cuando el impacto lo hace por cualquiera de sus lados.
- ✓ Choque Posterior, cuando el vehículo que colisiona lo hace con su parte posterior.

b. Volcadura.

Es el vuelco que sufre un vehículo cuando se encuentra en traslación (movimiento), pudiendo hacerlo por cualquiera de sus lados por delante o hacia atrás.

- ✓ Volcadura Tipo Tonel, cuando la volcadura del vehículo es sobre cualquiera de sus lados laterales (giro sobre su eje longitudinal tanto derecho como izquierdo).
- ✓ Volcadura Tipo Campana, es un vuelco que sufre un vehículo en movimiento, girando sobre su eje generalmente de atrás hacia adelante y muy excepcionalmente de adelante hacia atrás.

c. Incendio.

Se produce cuando el vehículo se encuentra en movimiento y el incendio se da por falta de orden eléctrico y/o mecánico. Es el accidente que consiste en la inflamación total o parcial de un vehículo, suele tener como causa un fallo de orden mecánico, la rotura de la alimentación de combustible, un fallo de explosión que devuelve combustible por cualquier circunstancia generalmente en forma casual.

d. Despiste.

Es la pérdida de contacto de las llantas de un vehículo con la superficie normalmente circulable de la vía: es decir salirse de la porción circulable. Cuando el vehículo simplemente sale de la vía donde estaba circulando puede ser total o parcial. Es la acción o efecto de perder la pista. Consideramos:

- ✓ Despistaje Parcial, cuando no todas las llantas del vehículo pierden contacto con la porción circulable de la vía.
- ✓ Despistaje Total, cuando todas las llantas del vehículo pierden contacto con la porción circulable de la vía.

2.5.2 ACCIDENTES DE TRÁNSITO MÚLTIPLE.

Son aquellos que intervienen por lo menos dos vehículos en movimiento o un vehículo en traslación y un peatón. Se clasifican en:

a. Choque.

Es la colisión de un vehículo a otro estando ambos en movimiento o detenido.

- ✓ Choque Frontal, es cuando las partes medias anteriores de ambos vehículos entran en contacto entre sí. Pueden ser:
 - Choque Frontal Céntrico, cuando las partes medias frontales de ambos vehículos concuerdan en el impacto, es decir el eje longitudinal de los vehículos se alinean.
 - Choque Frontal o Excéntrico, cuando las partes medias anteriores no coinciden al colisionar ambas unidades. Estos pueden ser: choque frontal excéntrico izquierdo o Derecho.
- ✓ Choque por Embiste, es aquella que se produce cuando un vehículo colisiona con su parte frontal contra la pared lateral del otro vehículo que está en marcha. Por la forma en que se impacta se le denomina Choque en "T". son los siguientes:
 - Choque por Embiste Lateral Izquierdo, cuando el vehículo sufre la colisión en su parte lateral izquierda.
 - Choque por Embiste Lateral Derecho.- Cuando el vehículo sufre la colisión en su parte lateral derecha.

Estos choques son por embiste, sean lateral derecho o izquierdo según la zona de cada lado cambia la denominación. Pudiendo ser:

- Céntrico, cuando el eje de equilibrio longitudinal del vehículo que impacta coincide con el eje de equilibrio transversal del vehículo impactado. Pudiendo ser lateral derecho o izquierdo.
 - Excéntrico, cuando los ejes de equilibrio longitudinal del impactante con el transversal del impactado no coinciden. Pudiendo ser: lateral anterior derecho o izquierdo y lateral posterior derecho o izquierdo.
- ✓ Choque por Alcance, es la colisión que se produce entre los vehículos en traslación, que circulan en el mismo sentido, impactando por su parte anterior al vehículo que lo precede. Estos a su vez pueden ser:
- Choque por Alcance Céntrico, cuando los ejes de equilibrio longitudinal de ambos vehículos coinciden con el impacto.
 - Choque por Alcance Excéntrico, cuando los ejes de equilibrio longitudinal de ambos vehículos no coinciden. Pueden ser: choque por alcance excéntrico derecho e izquierdo
- ✓ Choque Lateral, es la colisión que se produce entre los vehículos de traslación, donde sus partes laterales toman contacto entre sí. Pueden ser:
- Choque Lateral Positivo, cuando los vehículos circulan en sentidos opuestos y sus partes laterales entran en contacto en forma longitudinal.
 - Choque Lateral Negativo, cuando los vehículos circulan en el mismo sentido y sus partes laterales toman contacto entre sí en forma longitudinal.
 - Choque Lateral por Topetazo, cuando los vehículos circulan en mismo sentido y sus partes laterales toman contacto entre sí en forma transversal.

b. Caída de Pasajero.

Es el accidente que consiste en la caída del pasajero de una persona de un vehículo en movimiento, generalmente se produce en los vehículos de transporte público de pasajeros. Este accidente se puede ocasionar al subir o bajar o dentro del mismo vehículo.

2.5.3 ACCIDENTES DE TRÁNSITO MIXTOS.

Son aquellos donde se combina un accidente simple y un múltiple y viceversa u otros pueden ser por ejemplo:

- ✓ Despiste (simple) y atropello (múltiple).
- ✓ Choque por embiste (múltiple) y una volcadura (simple).

2.5.4 ACCIDENTES DE TRÁNSITO EN CADENA

Son aquellos accidentes donde participan por lo menos tres vehículos, los que entran en contacto uno de tras de otro. Para considerarse esto en la clasificación, el evento debe producirse en la vía de circulación, los vehículos deben de desplazarse en el mismo sentido y por lo menos el último que impacta por detrás debe encontrarse en movimiento.

2.6 FASES DE LOS ACCIDENTES DE TRANSITO.

Chihuahua (2011), indica las siguientes fases:

2.6.1 FASE DE PERCEPCION

Significa notar la condición de riesgo y valorarlo apropiadamente como tal para considerarlo un peligro posible o real: sin embargo, esta no ocurre necesariamente en el lugar y tiempo donde el riesgo pudo haberse notado, sino donde y cuando es reconocido. En tal sentido puede darse:

- ✓ Punto de prevención posible, es el momento en que el participante debió darse cuenta de la circunstancia anormal que pudiera desembocar un accidente.
- ✓ Punto de Prevención Real, es aquel en el que el conductor tiene conciencia de la inminencia del evento.

2.6.2 FASE DE DECISIÓN.

Es el momento en el que el conductor reacciona en todos los casos, tratando de evadir la situación de conflicto. La reacción a la que se hace alusión está representada por una serie de maniobras de ahí que se le denomina como “maniobras evasivas”; en esta fase pueden, en un momento dado, darse los siguientes tiempos:

- ✓ Tiempo de Reacción, es el tiempo que una persona toma para decidir que hacer ante una situación de inminente conflicto. Se cuenta hasta el inicio de la acción decidida. Dependiendo de la condición de la persona, su aptitud para el manejo, su asimilación de las situaciones adversas y otras circunstancias modificatorias de su pericia en el manejo, varía el tiempo de reacción. Sin embargo se ha tomado un promedio para una persona normal que es de $\frac{3}{4}$ de segundo.
- ✓ Punto de Decisión, se da en el lugar del hecho y desde donde el conductor inicia la realización de la maniobra que ha decidido realizar en virtud del proceso intelectual de valoración de riesgos correspondientes.
- ✓ Maniobra de Evasión, maniobra o conjunto de ellas que ejecuta el conductor para evitar la producción de accidente. Pueden ser:
 - Disminuir la velocidad o frenar.
 - Acelerar.

- Viraje a la derecha o a la izquierda.
- Combinación de las anteriores.

2.6.3 FASE DE CONFLICTO.

Es la única etapa de la evolución del siniestro vehicular y se llega a él cuando, el accidente no ha podido ser evitado. Pueden ser los siguientes:

- ✓ Punto de Impacto, es el primer toque entre las unidades participantes en el accidente de tránsito.
- ✓ Máximo Enganche, es el mayor efecto de presión recíproca entre las unidades participantes en un siniestro. La energía cinética, la fuerza de la masa y todas las otras fuerzas de conflicto liberan una gran fuerza de empuje (o fuerza destructiva), que es absorbida en proporción directa a la fuerza que aporta cada unidad más la que le corresponde de la otra unidad en conflicto.
- ✓ Desenganche, es la separación de las unidades participantes en un evento después del máximo enganche. La fuerza de empuje o destructiva liberada en la colisión llega a extinguirse por completo.
- ✓ Posición Final, cuando las unidades de tránsito y/o sus componentes (objetos o personas) participantes en el siniestro quedan inmóviles deteniéndose sin aplicación de fuerza alguna ajena al conflicto, ocupando finalmente, el espacio donde llegaron luego del accidente.

2.7 SEGURIDAD VIAL.

La seguridad vial viene siendo una seria preocupación desde la aparición del automóvil, aproximadamente 12 décadas atrás. No obstante esta preocupación, los problemas en seguridad vial no sólo se ha mantenido con el paso de los años, sino que han aumentado y causando enormes costos económicos y sociales. Es comúnmente aceptado que son muchos los costos asociados con el movimiento de vehículos, tales como la contaminación del aire, el ruido, la contaminación visual y las colisiones. Sin embargo, los costos económicos y sociales relacionados con accidentes de tránsito, como son pérdidas de propiedad (autos y otros), heridos y muertos atribuidos a los accidentes de tránsito, con la consiguiente pena y aflicción que golpea a miles de personas, exceden largamente los otros costos asociados al flujo vehicular. Consecuentemente, la importancia de reducir los costos sociales y económicos debido a los accidentes de tránsito no se debe subestimar.

2.7.1 ESTADO ACTUAL DE LA SEGURIDAD VIAL EN EL PERÚ

Nuestra carta magna, la constitución, es sin duda el documento sobre el cual se sentaron las bases para la creación de la República, en ella se establece como principios los derechos fundamentales de defensa de la persona humana y el respeto de su dignidad como el fin supremo de la sociedad y del estado peruano, es por ello que las cifras que a continuación detallaremos son la mejor justificación para adoptar medidas que conlleven a la protección de la vida de

los ciudadanos quienes diariamente hacen uso de las diversas redes viales dentro del territorio nacional.

Como parte de estas medidas implementadas para direccionar esfuerzos encaminados hacia la protección de los usuarios de la vía, se encuentra la formulación del presente Plan Nacional de Seguridad Vial el cual busca sentar las bases para el establecimiento de una política nacional en materia de prevención de colisiones de tránsito, así como de las graves consecuencias que estos generan.

Para graficar la situación actual de la seguridad vial nacional, es necesario primero el aceptar que estamos ciertamente ante una grave situación y reconocer que esta ha llegado a niveles inmanejables que demandan el inicio de acciones encaminadas a revertir esta situación y para ello se debe partir por involucrar a todos los niveles de la sociedad peruana en su conjunto y con ella y para ella iniciar el largo proceso de cambio que tanto necesita nuestro país.

Anualmente en el Perú se registran un promedio de 74 mil colisiones viales, solo durante el año 2006 se registraron 3,481 muertes y 46,882 personas heridas, dichas cifras debieran sonar escalofriantes así como dejar perplejos a cualquier lector, sin embargo de no ser así el solo hecho de entender que esta cifra viene siendo una constante durante los pasados años nos debería llevar a la reflexión puesto que las probabilidades de participar en un incidente con consecuencias fatales son altas, es por ello la necesidad de respetar las normas de tránsito para evitarlos.

2.8 DEFINICION DE LOS PUNTOS NEGROS.

No existe una definición aceptada universalmente de lo que es un Punto Negro, pero de manera general es descrita como la ubicación de alto riesgo de accidente de tránsito, o también como, un tramo de vía donde ocurren accidentes de tránsito de manera frecuente.

Algunas investigaciones definen los puntos negros de acuerdo a una ratio de los accidentes ocurridos en relación a los vehículo-kilómetro o por vehículo; en otros casos se toma la frecuencia de los accidentes ya sea como el ratio por kilómetro o simplemente como el acumulado de ocurrencias.

Otra forma en que ha sido definido es a través de un ranking de la magnitud de accidentes registrados en cada punto negro (o del ratio de cada uno) o más comúnmente por la definición de una cantidad mínima de accidentes a partir del cual, cualquier valor que lo supere será denominado como punto negro. MTC – 2007 Estudio de Lima y Callao.

2.9 DEFINICION DE LOS TRAMOS DE CONCENTRACION DE ACCIDENTES DE TRANSITO.

El concepto de tramo de concentración de accidentes es un concepto nuevo que viene a sustituir al tradicional punto negro.

Tramo de Concentración de Accidentes (TCA), es aquel tramo de carretera en el que estadísticamente el número de accidentes que se producen, es significativamente más

alto que el valor medio de los que tienen lugar en tramos análogos de la red. Así en la definición de los TCA interviene el tipo de vía, la intensidad de tráfico, y el número de accidentes. Berardo (2005).

2.10 IDENTIFICACION DE TCA SEGÚN LEY PROVINCIAL N° 8560 - Córdoba Argentina.

2.10.1 Método del Índice de Peligrosidad.

La Ley de Tránsito N° 8560 de la Provincia de Córdoba y sus decretos reglamentarios establecen, en el Anexo C del artículo N° 72, la metodología para el análisis de los accidentes de tránsito. Se utiliza los siguientes índices:

- ✓ ACV : Número de accidentes con víctimas registrados a lo largo de un año.
- ✓ IP : Índice de Peligrosidad en un tramo, itinerario o red: número de accidentes con víctimas por cada cien millones de vehículos-kilómetros recorridos por año en ese tramo, itinerario o red. (Ecuación 1).
- ✓ IM : Índice de Mortalidad, número de muertos por cada cien millones de vehículos-kilómetros recorridos por año en un tramo determinado. Es indicativo de la gravedad de los accidentes. Se incluyen todas las rutas pertenecientes a la red en estudio, divididas en tramos de 1km de longitud. (Ecuación 2).
- ✓ Tipología : Autopista, autovía, vía rápida, ruta convencional.
- ✓ Zona : Urbana, interurbana

Donde:

$$IP = \frac{N^{\circ} \text{ de accidentes } c / \text{ víctimas por año } \cdot 10^8 (\text{veh} \cdot \text{km})}{\text{Volumen anual (veh)} \cdot \text{Longitud del tramo (km)}} \quad (1.0)$$

$$IM = \frac{N^{\circ} \text{ de muertos por año } \cdot 10^8 (\text{veh} \cdot \text{km})}{\text{Volumen anual (veh)} \cdot \text{Longitud del tramo (km)}} \quad (2.0)$$

Se identificarán como tramos de concentración de accidentes (TCA), aquellos en que se verifiquen las condiciones señaladas en la Tabla N°01:

Tabla N° 01 Parámetros para identificar tramos con concentración de accidentes.

TIPOLOGIA	ZONA	RANGO DE TMDA	CONDICIONES Por tramo de 1 km.
Autopista Autovías Vía Rápida	Llana	> 80.000	IP> 30 ó ACV/año > 9
	Ondulada	> 40.000 y < 80.000	IP> 35 ó ACV/año >5
	Montañosa	< 40.000	IP> 40 ó ACV/año > 3
Ruta Convencional	Urbano o rural llana, ondulada o montañosa.	> 7.000	IP> 70 ó ACV/año > 3
		< 7.000	IP> 100 ó ACV/año > 3

Fuente: Ley Provincial de Tránsito N°8560. Anexo C.

Se han determinado los indicadores de accidentalidad para sub-tramos de 1 km de longitud, en función de los datos disponibles de los registros de accidentes.

El Índice de Peligrosidad (IP) depende del comportamiento de los usuarios, prestaciones de los vehículos, características de la carretera y su entorno, características del tránsito y factores aleatorios. Para disminuir la componente aleatoria se tiende a alargar el período de análisis considerado.

Las características de la carretera y su entorno determinan lo que se podría denominar "riesgo intrínseco" asociado al tramo en las condiciones existentes. A igualdad de las otras componentes, el riesgo intrínseco varía en función de tipología de la carretera (Autopista, Autovía, Vía Rápida, Ruta Convencional), zona (Urbana, Interurbana, Intersección, Tramo). Rangos de volúmenes de tránsito (que dependen del tipo de vía). A medida que el volumen de tránsito aumenta, el índice de Peligrosidad disminuye; no obstante, dentro de determinados rangos, que dependen del tipo de vía, se puede considerar prácticamente constante.

En base a las características enunciadas anteriormente, es posible definir grupos de tramos homogéneos en cuanto a su nivel de seguridad.

En países desarrollados se han elaborado distintos procedimientos estadísticos para la determinación del "valor normal" del riesgo intrínseco en cada grupo de tramos homogéneos. En función del mismo, para cada conjunto se establece un valor crítico a partir del cual se estima que el índice de Peligrosidad es significativamente elevado y responde a una desviación del riesgo intrínseco del tramo respecto del normal.

Por otra parte, deduciendo de (1), puede expresarse que la cantidad de accidentes con víctimas (ACV) es:

$$ACV = \frac{IP \cdot Volumen \ Anual}{10^8} \quad (3.0)$$

De donde, la alta accidentalidad puede obedecer a cualquiera de los dos factores, y por lo tanto, las medidas que tienden a reducir la siniestralidad pueden actuar sobre uno u otro o sobre ambos.

2.11 IDENTIFICACION DE TCA SEGÚN METODO DEL TRANSPORTATION RESEARCH BOARD (TRB) (EEUU).

Cuatro son las técnicas de análisis utilizadas:

1. Método del Número de accidentes
2. Método de la Tasa de accidentes
3. Método del Número - Tasa
4. Método del Control de Calidad de la Tasa.

Los métodos 1 y 2 son bastante simples y rápidamente adaptables a los sistemas de rutas pequeños. Los requerimientos de datos son mínimos, la recopilación de datos es simple y los análisis pueden realizarse en forma manual.

Los métodos 3 y 4 se recomiendan para los sistemas más grandes, con mayores volúmenes de tránsito y variaciones de flujos de tránsito de mayor amplitud. Berardo (2005).

2.11.1 Criterios para Identificación de TCA

Los análisis que se describen en este apartado están orientados a la identificación de TCA. En estos se utilizarán unidades de medida específicas, según se describe en la tabla N° 02.

Tabla N°02. Unidades de medida para cada método de análisis de accidentes.

Criterio	Método del número de accidentes	Método de la tasa de accidentes	Método del número - tasa	Método del control de calidad de la tasa
Tramos: Accidentes. Por km.			X	
Accidentes por MVK (10 ⁶ Veh – km)		X	X	X
Intersecciones y sitios: Numero de accidentes	X		X	
Accidentes por MV (10 ⁶ Veh)		X	X	X

Fuente: Sección 1 Manual de Seguridad Vial. Dirección Nacional de Vialidad (D.N.V).

Donde:

- ✓ Número de accidentes por kilómetro:

El número de accidentes ocurridos dentro del tramo, dividido por la longitud del mismo.

- ✓ Número de accidentes por Millón de Vehículos - Kilómetro:

El número de accidentes ocurridos en un tramo por cada millón de vehículos – kilómetro que circulan por él.

2.11.2 Método del Número de Accidentes

Este es el enfoque más simple y directo. Todos los accidentes se registran, consignándose su ubicación y el período de tiempo durante el cual han ocurrido.

La simplicidad de este enfoque se justifica si los volúmenes de tránsito son pequeños. No habrá muchos accidentes y se encontrarán pocos agrupamientos de estos. Pero cuando aparecen los agrupamientos, habrá una base objetiva para la investigación destinada a determinar si algún elemento del camino puede ser la causa de los mismos.

Para aplicar el método a un camino rural, debe subdividirse el mismo en tramos homogéneos de igual longitud (1 Km, por ejemplo) asignando a cada tramo la cantidad de eventos registrados, de esta manera se obtiene la cantidad de accidentes por kilómetro del tramo. Seguidamente, se define para tramos homogéneos (mismo tipo de vía y tránsito) el valor promedio de los siniestros. Por último puede considerarse TCA a aquel tramo cuya cantidad de accidentes por kilómetro sea superior a la media de la vía más un desvío representado a través un coeficiente de mayoración.

$$N_i = \frac{\text{Número de accidentes en el tramo } i}{\text{Longitud del tramo } i} \quad (4.0)$$

$$N_m = \frac{\sum \text{accidentes en tramos h.omogéneos}}{\sum \text{longitud de tramos h.omogéneos}} \quad (5.0)$$

Un tramo será considerado TCA cuando se cumpla que:

$$N_i \geq k.Nm .$$

$$\text{con } k \geq 1$$

K: factor de mayoración; para aproximaciones iniciales se recomienda ajustarlo en 2.

2.11.3 Método de la Tasa de Accidentes

A dos ubicaciones que registren el mismo número de accidentes no debiera atribuírsele idéntica peligrosidad si una de ellas duplica a la otra en cuanto a volumen de tránsito se refiere. El método de la Tasa de Accidentes considera esta variable. Además de la información básica sobre los accidentes y sus ubicaciones, se debe conocer los volúmenes de tránsito en todas éstas; y se debe, asimismo, estar en condiciones de calcular, a los efectos de realizar comparaciones con las ubicaciones específicas, las tasas de accidentes correspondientes al sistema vial en conjunto.

El método de la Tasa de Accidentes comprende los siguientes pasos:

1. Ubicación de los accidentes en mapas de accidente.
2. Identificación del número de accidentes ocurridos, en el período de análisis y en cada tramo pre-establecido.
3. Cálculo de la tasa de accidentes real de cada tramo, en correspondencia con el período de análisis.

$$T_i = \frac{\text{Accidentes en el tramo}}{\text{TMDA} \times \text{Numero de días} \times \text{Longitud del tramo}} \cdot 10^6 \quad (6.0)$$

4. Se define la tasa media del sistema (T_m) de igual manera que la tasa del tramo pero considerando la sumatoria de los accidentes, el tránsito medio y la longitud total del camino en estudio.

$$T_m = \frac{\sum \text{Accidentes}}{\text{TMDA}_{\text{medio}} \times \text{Numero de días} \times \text{Longitud de carretera}} \cdot 10^6 \quad (7.0)$$

5. Selección de los valores de las tasas de accidentes indicativos de peligrosidad. Se considera práctico y realista adoptar un valor de aproximadamente el doble de la tasa media correspondiente al sistema en conjunto.
6. Si la tasa real en un lugar excede el valor mínimo establecido, se lo considera como peligroso y se lo incluye en la lista para la posterior investigación y análisis.

El propósito del valor mencionado en el paso 5 es controlar el tamaño de la lista de lugares por investigar; si el valor es grande, la lista será breve; y si es pequeño la lista será más extensa. La experiencia indicará a cada organismo el nivel apropiado.

2.11.4 Método del Número - Tasa

El método del Número-Tasa es aplicable a todos los sistemas de caminos, cualquiera sea su magnitud o la variación de los volúmenes de tránsito.

En la identificación de lugares peligrosos, es importante asegurarse de que la ocurrencia de accidentes en los lugares definidos como tales sea en realidad anormalmente alta. Uno de los riesgos que se corre al confiar sólo en números y tasas de accidentes es que las cifras pueden conducir a error cuando los volúmenes de tránsito varían a lo largo de una gama de valores amplia.

Un lugar con un número elevado de accidentes, o de accidentes por kilómetro, puede parecer peligroso. Pero si el volumen de tránsito es en él excepcionalmente grande, la tasa de accidentes puede no ser anormal.

El método se basa en el concepto de que, si tanto el número y la tasa de accidentes de un lugar superan en mucho al promedio, se puede tener una razonable certeza de estar ante un registro anormal de accidentes. Además el método separa por tipo de caminos, (número de carriles, etc.), tipo de zona (rural o urbana) y control de accesos.

Los requerimientos de datos básicos comprenden: Período de tiempo, ubicación de los accidentes, longitud de tramos, volúmenes de tránsito y categorías de caminos.

Además, requiere establecer la ocurrencia media de accidentes correspondientes a cada categoría de calle o camino, por lo que debe calcularse el Número medio de accidentes por kilómetro (Nm.) así como el número medio de accidentes por millón de vehículos-kilómetro (es decir la tasa media Tm.).

El método define como TCA, a aquellos tramos cuya ocurrencia de eventos sea considerablemente mayor que la media, es decir cuyos números y tasas de accidentes superen - ambos - los valores límite, serán considerados peligrosos. Luego se tiene que para calcular la frecuencia de accidentes por kilómetro se procede de la siguiente manera:

$$N_i = \frac{\text{Número de accidentes en el tramo } i}{\text{Longitud del tramo } i} \quad (8.0)$$

$$N_m = \frac{\sum \text{accidentes en tramos h.omogéneos}}{\sum \text{longitud de tramos h.omogéneos}} \quad (9.0)$$

La tasa de accidentes de un tramo i cualquiera se calcula de la siguiente manera

$$T_i = \frac{\text{Accidentes en el tramo}}{\text{TMDA} \times \text{Número de días} \times \text{Longitud del tramo}} \cdot 10^6 \quad (10)$$

Se define la tasa media del sistema de igual manera que la tasa del tramo pero considerando la sumatoria de los accidentes, el tránsito medio y la longitud total del camino en estudio.

$$T_m = \frac{\sum \text{Accidentes}}{TMDA_{\text{medio}} \times \text{Número de días} \times \text{Longitud de la carretera}} \cdot 10^6 \quad (11)$$

El método del número-tasa considera que un tramo es peligroso (TCA) cuando:

$$N_i \geq k \cdot Nm \quad \wedge \quad T_i \geq k_T \cdot T_m$$

2.11.5 Método del Control de Calidad de la Tasa

El Método de Control de Calidad de la Tasa, que es aplicable a toda la gama de volúmenes de tránsito y a los distintos tipos de vía, debe su nombre a que controla la calidad de los análisis aplicando "tests" estadísticos para determinar si la tasa de accidentes de un lugar en particular es inusual, con relación a una tasa media predeterminada correspondiente a lugares de características similares. Los "tests" que se aplican se basan en la hipótesis comúnmente aceptada que supone el ajuste de los accidentes a la distribución de Poisson, entonces se tiene que:

$$P(n) = \frac{e^{-\lambda m} \cdot (\lambda m)^n}{n!} \quad (12)$$

Donde:

- ✓ P(n) : Probabilidad de que ocurran n accidentes en un sitio dado durante un período de tiempo determinado
- ✓ λ : Tasa de accidentes esperada (en accidentes por MVK)
- ✓ m : Cantidad de tránsito en el lugar durante el período de análisis, (en MVK).

El objetivo del método es encontrar dentro de esta distribución aquel valor de "n" para el cual la probabilidad de ocurrencia es particularmente baja (menor al 5%), buscando con ello que los tramos detectados como peligrosos no sean producto del azar, sino de un defecto importante en la vía que contribuya a la inusual concentración de accidentes.

Para su aplicación práctica debe establecerse un límite superior de control de la probabilidad de ocurrencia de accidentes, es decir la probabilidad de que un tramo registre mayor o igual cantidad de siniestros que el valor de control, esto puede calcularse como sigue:

Donde:

$$\boxed{P(X \geq U) = P} \quad (13)$$

- ✓ X : Número observado de accidentes.
- ✓ U : Límite superior de control.
- ✓ P : Probabilidad límite predefinida.

El límite crítico, o límite superior de control puede ser calculado a partir de las tablas para la distribución de Poisson, sin embargo, esto resulta trabajoso y poco práctico.

En la práctica, el límite crítico del sistema se calcula a través de la siguiente ecuación:

$$\boxed{P = \lambda + k \cdot \sqrt{\frac{\lambda}{m} + \frac{0,5}{m}}} \quad (14)$$

El criterio adoptado para establecer la peligrosidad de un lugar, se basa en calcular para cada tramo en estudio, una tasa de accidentes crítica. Aquellos tramos cuyas tasas superen a la crítica, serán considerados TCA.

La tasa crítica se determina estadísticamente, en función de la tasa media de accidentes del sistema vial en conjunto, correspondiente a la categoría de vía que se trate, y el tránsito del lugar en estudio y se calcula de la siguiente manera:

$$\boxed{T_{ci} = T_m + k \cdot \sqrt{\frac{T_m}{t_i} + \frac{0,5}{t_i}}} \quad (15)$$

Los primeros dos elementos de la ecuación resultan de la aproximación Normal a la ecuación de Poisson, mientras que el tercer elemento sirve como factor de corrección ya que la distribución de Poisson es discreta mientras que la Normal es continua.

Donde:

- ✓ T_{ci} : Tasa crítica de accidentes para el tramo i , en millón de veh - km (MVK).
- ✓ T_m : Tasa media de accidentes del sistema vial en conjunto, correspondiente a la categoría de la vía en estudio, expresada en MVK.

$$T_m = \frac{\sum \text{accidentes}}{TMDA_{medio} \times \text{número de días} \times \text{longitud de carretera}} \cdot 10^6 \quad (16)$$

- ✓ T_i : Cantidad de tránsito en el lugar durante el período de análisis, expresado en MVK

$$T_i = \frac{TMDA_i \times \text{número de días} \times \text{longitud del tramo}_i}{10^6} \quad (17)$$

- ✓ K : Constante que determina el nivel de confianza en que las tasas de accidentes superiores a la tasa crítica no son producto del azar. Se considera deseable un nivel de confianza del 95%, que se consigue con un valor de k igual a 1,645. En la práctica, sin embargo, se sugiere utilizar un valor inicial de k igual a 1,5.

El método considera peligroso a aquel tramo cuya tasa de accidentes sea mayor o igual que la tasa crítica del sistema.

Entonces, existe un TCA solo si:

$$T_i \geq T_c$$

Donde:

$$T_i = \frac{\text{Número de accidentes}}{TMDA \times \text{numero de días} \times \text{longitud del tramo}} \cdot 10^6 \quad (18)$$

2.12 ESTUDIO DE TRÁFICO.

2.12.1 Volumen de Tránsito.

Se define volumen de tránsito, como el número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal dados, de un carril o de una calzada, durante un periodo determinado. Se expresa como:

$$Q = \frac{N}{T} \quad (19)$$

Donde:

- ✓ Q : Vehículos que pasan por unidad de tiempo (vehículos/periodo)
- ✓ N : Número total de vehículos que pasan (vehículos)
- ✓ T : Período determinado (unidades de tiempo).

2.12.2 Volumen de Tránsito Absoluto o Totales.

Es el número total de vehículos que pasan durante el lapso de tiempo determinado. Dependiendo de la duración del lapso de tiempo determinado, se tienen los siguientes volúmenes de tránsito absolutos o totales:

- ✓ **Tránsito anual (TA)**

Es el número total de vehículos que pasan durante un año. En este caso, T = 1 año.

- ✓ **Tránsito mensual (TM)**

Es el número total de vehículos que pasan durante un mes. En este caso. T = 1 mes.

- ✓ **Tránsito semanal (TS)**

Es el número total de vehículos que pasan durante una semana. En este caso. T = 1 semana.

- ✓ **Tránsito diario (TD)**

Es el número total de vehículos que pasan durante un día. En este caso. T = 1 día

- ✓ **Tránsito horario (TH)**

Es el número total de vehículos que pasan durante una hora En este caso T = 1 hora

- ✓ **Tasa de flujo o flujo (q)**

Es el número total de vehículos que pasan durante un periodo inferior a una hora. En este caso, T < 1 hora.

En todos los casos anteriores, los períodos especificados, un año un mes, una semana, un día, una hora y menos de una hora, no necesariamente son de orden cronológico. Por lo tanto, pueden ser 365 días seguidos, 30 días seguidos, 7 días seguidos, 24 horas seguidas, 60 minutos seguidos y período en minutos seguidos inferiores a una hora.

2.12.3 Volumen de Tránsito Promedio Diarios.

Se define el volumen de tránsito promedio diario (TPD), como el número total de vehículos que pasan durante un período dado (en días completos) igual o menor a un año y mayor que un día, dividido entre el número de días del período. De acuerdo al número de días de este período, se presentan los siguientes volúmenes de tránsito promedios diarios, dados en vehículos por día:

✓ Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA)

Este parámetro es también conocido como Índice Medio Diario Anual o IMDA.

$$TPDA = \frac{TA}{365} \quad (20)$$

✓ Tránsito Promedio Diario Mensual (TPDM)

$$TPDM = \frac{TM}{30} \quad (21)$$

✓ Tránsito Promedio Diario Semana (TPDS)

$$TPDS = \frac{TS}{7} \quad (22)$$

2.12.4 Uso de los Volúmenes de Tránsito

De una manera general, los datos sobre volúmenes de tránsito se utilizan ampliamente en los siguientes campos:

a. Planeación

- Clasificación sistemática de redes de vías.
- Estimación de los cambios anuales en los volúmenes de tránsito.
- Modelos de asignación y distribución de tránsito.
- Desarrollo de programas de mantenimiento, mejores y prioridades.
- Análisis económicos.

- Estimaciones de la calidad del aire.
- Estimaciones del consumo de combustibles.

b. Proyecto

- Aplicación a normas de proyecto geométrico.
- Requerimientos de nuevas vías.
- Análisis estructural de superficies de rodamiento.

c. Ingeniería de Tránsito

- Análisis de capacidad y niveles de servicio en todo tipo de vialidades.
- Caracterización de flujos vehiculares.
- Zonificación de velocidades
- Necesidades de dispositivos para el control de tránsito.
- Estudio de estacionamientos.

d. Seguridad

- Cálculo de índices de accidentes y mortalidad
- Evaluación de mejoras por seguridad.

e. Investigación

- Nuevas metodologías sobre capacidad.
- Análisis e investigación en el campo de los accidentes y la seguridad.
- Estudio sobre ayudas, programas o dispositivos para el cumplimiento de las normas de tránsito.
- Estudios de antes y después.
- Estudios sobre el medio ambiente y la energía

f. Usos Comerciales

- Hoteles y restaurantes.
- Urbanismo.
- Autoservicios.
- Actividades recreacionales y deportivas.

Específicamente, dependiendo de la unidad de tiempo en que se expresen los volúmenes de tránsito, éstos se utilizan para:

1. Los Volúmenes de Tránsito Anual (TA)

- Determinar los patrones de viaje sobre áreas geográficas.
- Estimar los gastos esperados de los usuarios de las carreteras.
- Calcular Índices de accidentes.
- Indicar las variaciones y tendencias de los volúmenes de tránsito, especialmente en carreteras de peaje,

2. Los Volúmenes de Tránsito Promedio Diario (TPD)

- Medir la demanda actual en vías.
- Evaluar los flujos de tránsito actuales con respecto al sistema vial.
- Definir el sistema arterial de calles.
- Localizar áreas donde se necesite construir nuevas vías o mejorar las existentes.
- Programar mejoras.

3. Los Volúmenes de Tránsito Horario (TH)

- Determinar la longitud y magnitud de los períodos de máxima demanda.
- Evaluar deficiencias de capacidad.
- Establecer controles en el tránsito, como colocación de señales, semáforos y marcas viales, jerarquización de vías, sentidos de circulación y rutas de tránsito; y prohibición de estacionamiento, paradas y maniobras de vueltas.
- Proyectar y rediseñar geométricamente calles e intersecciones.

4. Las Tasas de Flujo (q)

- Analizar flujos máximos.
- Analizar variaciones del flujo dentro de las horas de máxima demanda.
- Analizar limitaciones de capacidad en el flujo de tránsito.
- Analizar las características de los volúmenes máximos.

2.12.5 Características de los Volúmenes de Tránsito.

Los volúmenes siempre deben ser considerados como dinámicos, por lo que solamente son precisos para el período de duración de los aforos. Sin embargo, debido a que sus variaciones son generalmente rítmicas y repetitivas, es importante tener un conocimiento de sus características, para así programar aforos, relacionar volúmenes en un tiempo y lugar con volúmenes de otro tiempo y lugar, y prever con la debida anticipación la actuación de las fuerzas dedicadas al control de tránsito y labor preventiva, así como las de conservación.

Por ejemplo, si se sabe que en Semana Santa se va a tener el mayor número de accidentes de tránsito, se debe planear una campaña preventiva para actuar antes y durante esa semana. Por otro lado, en esta semana no se deben realizar trabajos de reparación normal en la calle o carretera, pues pueden estorbar o resultar peligrosos.

Por lo tanto, es fundamental, en la planeación y operación de la circulación vehicular, conocer las variaciones periódicas de los volúmenes de tránsito dentro de las horas de máxima demanda, en las horas del día, en los días de la semana y en los meses del año. Aún más, también es importante conocer las variaciones de los volúmenes de tránsito en función de su distribución por carriles, su distribución direccional y su composición

2.12.6 Distribución y Composición del Volumen de Tránsito

La distribución de los volúmenes de tránsito por carriles debe ser considerada, tanto en el proyecto como en la operación de calles y vías. Tratándose de tres o más carriles de operación en un sentido, el flujo se asemeja a una corriente hidráulica. Así, al medir los volúmenes de tránsito por carril, en zona urbana, la mayor velocidad y capacidad, generalmente se logran en el carril del medio: las fricciones laterales, como paradas de autobuses y taxis y las vueltas izquierdas y derechas causan un flujo más lento en los carriles extremos, llevando el menor volumen el carril cercano a la acera. En carretera, a volúmenes bajos y medios suele ocurrir lo contrario, por lo que se reserva el carril cerca de la faja separadora central para los vehículos más rápidos y para rebases, y se presentan mayores volúmenes en el carril inmediato al acotamiento. En autopistas de tres carriles con altos volúmenes de tránsito, rurales o urbanas, por lo general hay mayores volúmenes en el carril inmediato a la faja separadora central.

En cuanto a la distribución direccional, en las calles que comunican el centro de la ciudad con la periferia de la misma, el fenómeno común que se presenta en el flujo de tránsito es de volúmenes máximos hacia el centro en la mañana y hacia la periferia en las tardes y noches. Es una situación semejante al flujo y reflujo que se presenta los fines de semana cuando los veraneantes salen de la ciudad el viernes y sábado y regresan el domingo en la tarde. Este fenómeno se presenta especialmente en arterias del tipo radial. En cambio, ciertas arterias urbanas que comunican "centros de gravedad" importantes, no registran variaciones direccionales muy marcadas en los volúmenes de tránsito.

Igualmente, en los estudios de volúmenes de tránsito muchas veces es útil conocer la composición y variación de los distintos tipos de vehículos.

La composición vehicular se mide en términos de porcentajes sobre el volumen total. Por ejemplo porcentaje de automóviles, de autobuses y de camiones. En los países más adelantados, con un mayor grado de motorización, los porcentajes de autobuses y camiones en los volúmenes de tránsito son bajos. En cambio, en países con menor grado de desarrollo, el porcentaje de estos vehículos grandes y lentos es mayor. Chávez (2005).

2.13 SISTEMAS INTELIGENTE DE TRANSPORTE.

El concepto de Sistemas Inteligentes de Transporte (es un conjunto de soluciones tecnológicas de las telecomunicaciones y la informática diseñadas para mejorar la operación y seguridad del transporte terrestre, tanto para carreteras urbanas y rurales, como para ferrocarriles. Este conjunto de soluciones telemáticas también pueden utilizarse en otros modos de transporte, pero su principal desarrollo ha sido orientado al transporte terrestre

2.13.1 Funcionamiento de un radar.

El funcionamiento del radar se basa en un fenómeno físico denominado efecto Doppler y se refiere a la variación de la frecuencia que emite un emisor en movimiento. Para entenderlo basta un ejemplo cotidiano, como es el de un coche que se acerca, pasa a nuestro lado, para después alejarse: el sonido del motor es más agudo cuando se acerca, para pasar a ser más grave cuando comienza a alejarse. Cuanto más rápido vaya el vehículo, este efecto es más pronunciado. Los radares de tráfico mandan una señal al coche que pasa y reciben una señal rebotada. En función de las diferencias de la frecuencia de la señal rebotada en el coche que pasa se puede calcular la velocidad.

2.13.2 Radares de tecnología microondas.

El radar de tráfico actúa como un foco, en cuanto a su tamaño y su forma de operación. Esto es debido a que las microondas que emite se comportan en gran parte como ondas de luz. Viajan en línea recta y se reflejan fácilmente. Los objetos metálicos como los coches, camiones, guarda raíles y pasos a nivel son grandes reflectores, mandando reflejos de esas microondas en direcciones impredecibles como ocurre con un reflejo de luz. Cuando hay diferentes objetos moviéndose en la carretera dentro de su alcance, como varios vehículos circulando muy cercanos, el radar es incapaz de diferenciar cuál es el que produce la lectura y anula automáticamente la medida.

El radar de tráfico mide la velocidad por el reflejo que recibe del vehículo que pasa por el haz. Compara el cambio en la frecuencia reflejada con la frecuencia original del haz que envió, y de esta diferencia calcula la velocidad, que se muestra en la unidad de mando

2.13.3 Radares de tecnología láser.

Estos presentan diversas ventajas frente a los de microondas pero también tienen sus inconvenientes. Las principales ventajas son su precio de adquisición (24.000 € frente a 60.000 de un equipo de microondas, según datos del año 2002), la capacidad de medir de forma selectiva el vehículo hacia el que se dirige el láser y la posibilidad de medir un vehículo que se encuentra hasta 500 metros de distancia. En su contra tiene el hecho de que no puede ir montado en un vehículo, sólo permite funcionar de forma estática, permite medir un máximo de dos carriles cuando un microondas permite hasta seis y además el láser sólo mide correctamente cuando se dirige a una superficie metálica del vehículo

2.13.4 Sistema de grabación.

En los sistemas automáticos se utiliza una cámara de fotos digital como medio de captación de imágenes. Estas cámaras llevan un procesador integrado que permite almacenar hasta 10.000 fotografías en color o 15.000 en blanco y negro y se instalan en soportes fijos al margen de las carreteras.

Otra variante de cámara digital, que va instalada junto al retrovisor central del vehículo policial, se completa con un ordenador y una impresora que se sitúan en el maletero. Su principal demanda viene de las policías que actúan en zonas de concentración de extranjeros. Gracias a este sistema podrán parar al infractor y entregarle en el acto la fotografía de la denuncia para así poder proceder al cobro de la sanción en el momento. Una importante ventaja de las nuevas cámaras digitales es que encriptan la imagen y no permiten ningún tipo de manipulación.

Estos radares pueden llevar asociado un sistema lector de matrículas, denominado OCR. De esta manera la matrícula se introduce de forma automática en una base de datos y en la pantalla del vehículo de control aparecen los datos asociados a la matrícula tanto sobre titularidad como sobre causas pendientes

2.13.5 Soportes del radar

Radares Móviles

Por las características del radar se pueden clasificar de dos maneras:

- En Movimiento: El equipo radar está integrado en el vehículo y realiza las mediciones y fotografías en movimiento. Los vehículos con este tipo de radar deben mantener una velocidad estable, por ello se les instala un sistema de control de velocidad de crucero.
- Estático: El equipo radar puede estar integrado en el vehículo o en el exterior de este mediante un trípode.

Radares Fijos

Los radares fijos se pueden encontrar en:

- Pórticos sobre la calzada: Suelen colocarse tras los paneles luminosos de información, pues aprovechan la instalación electrónica con el Centro de Control de Tráfico por medio de fibra óptica. Este sistema permite que las infracciones que detecta el radar puedan verse en tiempo real en el centro de control y allí son impresas en el momento y enviadas en cuestión de minutos al domicilio del infractor.
- Cajas aisladas junto a la calzada: Pueden ser de diferentes colores, perfectamente visibles o camufladas. Las cajas pueden ser metálicas o estar encastradas en una estructura de hormigón.

EQUIPOS

a. Sistemas de radar fijo para control de velocidad.



Figura 01: Anuncios dinámicos sobre puentes



Figura 02: Anuncios informativos de exceso de velocidad.



Figura 03: Para fotografiar vehículos en movimiento.

b. Sistemas de radar móvil para control de velocidad.



Figura 04: Pistola radar génesis direccional.



Figura 05: Midiendo la distancia y/o velocidad de un vehículo.

CAPITULO III

DESARROLLO DEL TRABAJO DE LA TESIS

3.1 DESCRIPCION DE LA VIA DE ESTUDIO.

3.1.1 Datos Generales.

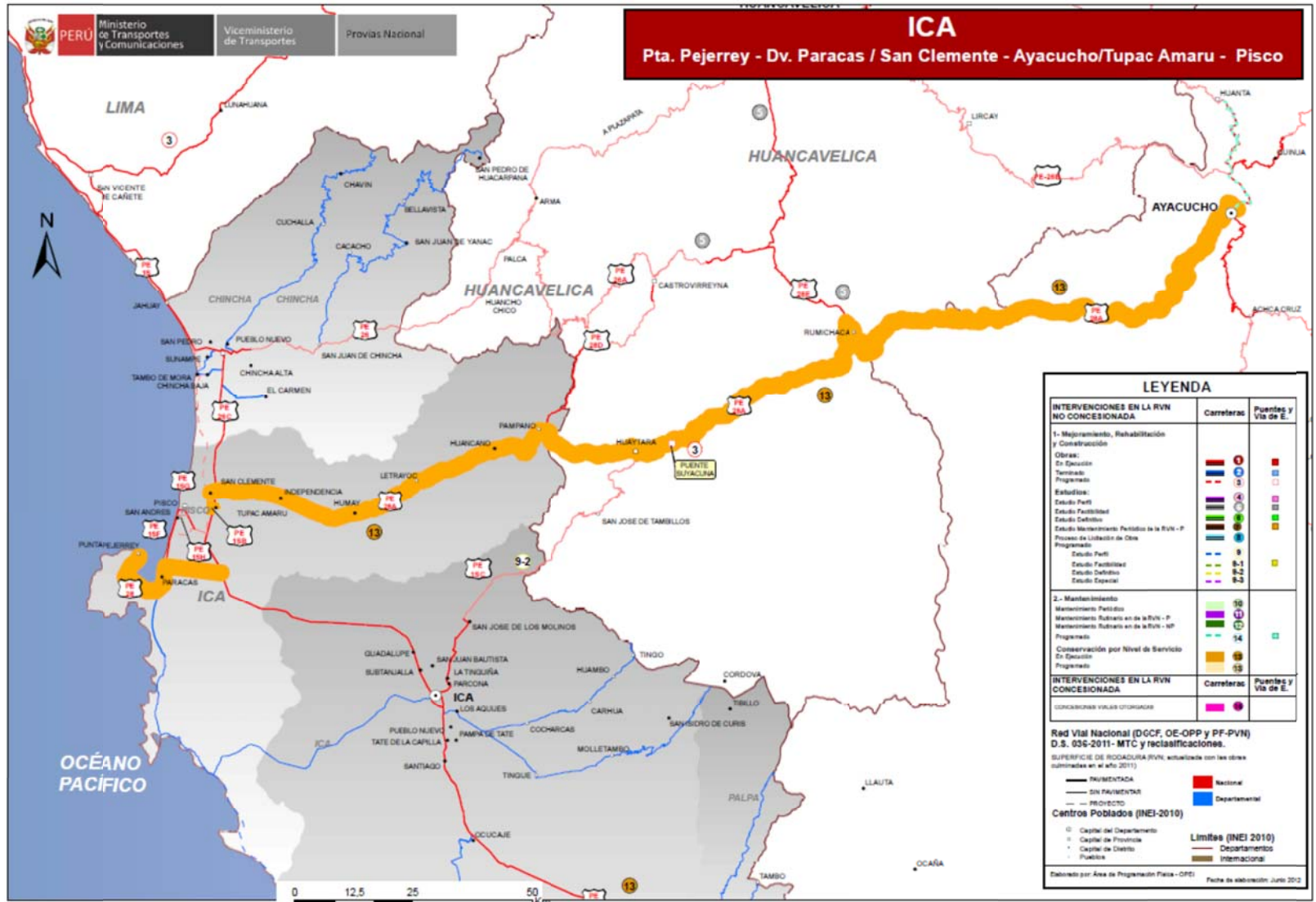
La vía en estudio (Vía los Libertadores), comprende desde el Km. 0+000 (San Clemente) al Km. 329+000 (Huamnga) cuyo código de ruta es PE 028A. La vía los Libertadores comprende "San Clemente - Independencia - Humay - Huáncano - Pámpano - Puente Huaytará - Puente Cuyahuasi - Puente Tullpa - Puente Dos de Mayo - Puente Muchic - Puente Ana Teresa - Puente Tsejsi - Huaytará - Puente Tranca - Puente Pichushuayco - Puente Jatun Huatas - Puente Ranramayo - Puente Chuihua - Puente Suyacuna - Puente Mollepayana - Puente Carnicería - Puente Satán - Abra Yuncaccara - Puente Rumichaca 1 - Rumichaca - Abra Apacheta Grande - Licapa - Niñacacha - Abra Yanabamba - Socos - Ayacucho.

La vía materia de la presente investigación se encuentra ubicada en la Región Centro del País:

Departamentos	: Ica, Huancavelica y Ayacucho
Rutas	: PE 028A (329.00 Km).
Inicio	: Empalme PS – 1S
Fin	: Empalme 3S Ayacucho.
Superficie de Rodadura	: Asfaltado y Afirmado
Nº Carriles	: Asfaltado dos carriles ida y vuelta
Ancho de Calzada	: 7.00 m – 8.40m.
Ancho de Berma	: 0.5m.

3.1.2 Localización de la Vía.

Figura 3.1: Plano De Localización de Vía Los Libertadores



3.2 ESTUDIO VOLUMÉTRICO.

El estudio volumétrico comprende la determinación de las características actuales y futuras del tráfico, estas características varían a lo largo de la carretera, por lo cual es necesario determinar los tramos homogéneos en volumen y composición del tráfico.

3.2.1 Tramos Homogéneos.

Para determinar los tramos homogéneos se ha efectuado un viaje de reconocimiento, investigando el comportamiento del tráfico y entrevistando a autoridades y transportistas.

En esta carretera no hay vías afluentes por las que ingrese o salga volumen significativo de vehículos que determinen nodos.

En consecuencia la carretera tiene un tramo con características homogéneas de cantidad y composición del volumen de tráfico.

3.2.2 Ubicación de Peajes de Control.

a. Unidad de Peaje Pacra.

Esta unidad está ubicada en el km 72+500 de la Red Vial, en la localidad de Pacra, Distrito de Pisco, Provincia de Pisco, Departamento de Ica. Está a cargo de la Zonal Ica.

Figura 3.2: Unidad de Peaje Pacra.



Fuente: Intranet, ubicación de Peajes Provias Nacional – MTC

b. Unidad de Peaje Rumichaca.

Esta unidad está ubicada en el km 196+200 de la Red Vial, en la localidad de Rumichaca, Distrito de Paras, Provincia de Cangallo, Departamento de Ayacucho. Está a cargo de la Zonal Ayacucho.

Figura 3.3: Unidad de Peaje Rumichaca.



Fuente: Intranet, ubicación de Peajes Provias Nacional – MTC

c. Unidad de Peaje Socos.

Esta unidad está ubicada en el km 316+700 de la Red Vial, en la localidad de Socos, Distrito de Socos, Provincia de Huamanga, Departamento de Ayacucho. Está a cargo de la Zonal Ayacucho.

Figura 3.4: Unidad de Peaje Socos.



Fuente: Intranet, ubicación de Peajes Provias Nacional – MTC

3.2.3 Base de datos de flujo vehicular.

El flujo vehicular se obtuvo de la base de datos que dispone el Ministerio de Transportes y Comunicación, Provias nacional, cuyos base de datos son elaborados con los reportes diarios en los 03 peajes de la Vía Libertadores. A continuación mostramos la base de datos mensual desde el año 2008 a 2012.

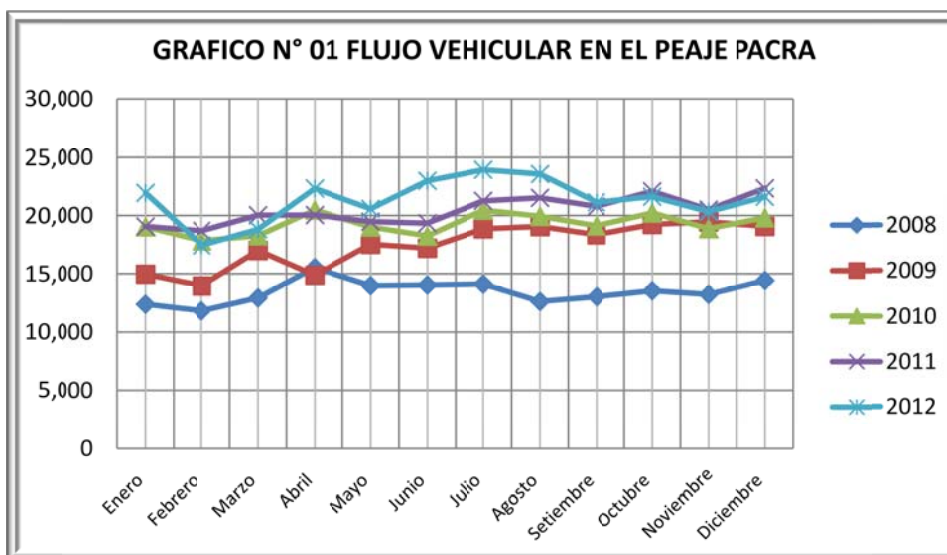
a. Flujo Vehicular Mensual del Peaje Pacra.

Cuadro N° 01 Unidad de Peaje Pacra.

MES	TRANSITO MENSUAL (veh./mes)				
	2008	2009	2010	2011	2012
Enero	12,403	14,979	19,041	19,056	21,947
Febrero	11,825	13,962	17,833	18,688	17,450
Marzo	12,948	17,009	18,279	20,032	18,818
Abril	15,525	14,884	20,477	20,049	22,324
Mayo	13,993	17,538	19,026	19,472	20,578
Junio	14,036	17,200	18,251	19,344	22,981
Julio	14,119	18,871	20,456	21,262	23,922
Agosto	12,634	19,068	19,942	21,520	23,559
Setiembre	13,044	18,355	19,110	20,785	21,130
Octubre	13,547	19,237	20,225	22,082	21,625
Noviembre	13,245	19,458	18,880	20,511	20,325
Diciembre	14,426	19,075	19,816	22,338	21,616
TOTAL	161,745	209,636	231,336	245,139	256,275

F

Fuente: Base de datos Provias nacional



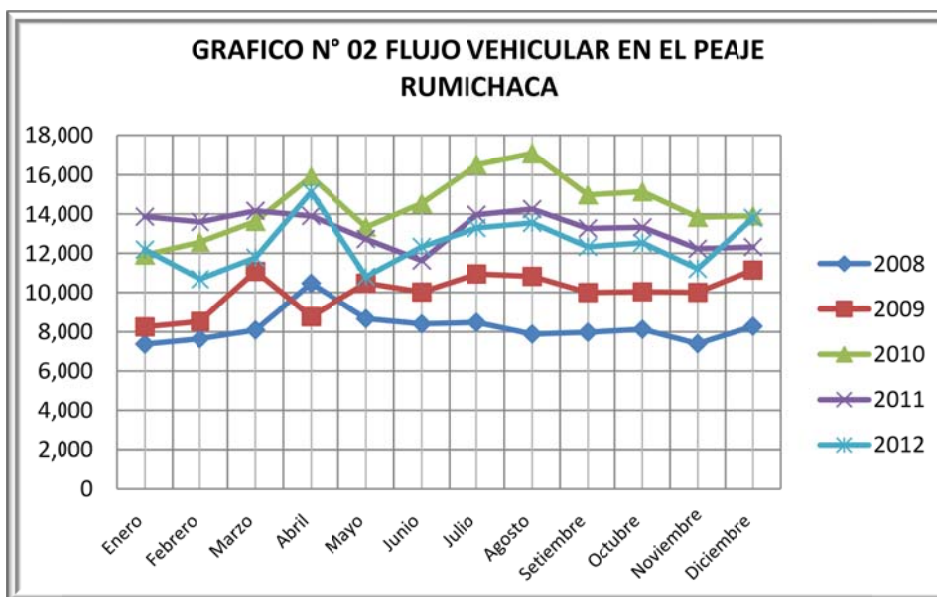
Fuente: Elaboración propia.

b. Flujo Vehicular Mensual del Peaje Rumichaca.

Cuadro N° 02 Unidad de Peaje Rumichaca.

MES	TRANSITO MENSUAL (veh./mes)				
	2008	2008	2010	2011	2012
Enero	7,377	8,258	11,911	13,864	12,183
Febrero	7,653	8,538	12,570	13,596	10,678
Marzo	8,096	11,074	13,622	14,163	11,770
Abril	10,466	8,778	15,913	13,902	15,125
Mayo	8,679	10,478	13,324	12,720	10,800
Junio	8,409	10,022	14,547	11,625	12,324
Julio	8,488	10,944	16,515	13,962	13,287
Agosto	7,887	10,821	17,077	14,253	13,552
Setiembre	7,981	9,993	14,979	13,269	12,324
Octubre	8,134	10,036	15,141	13,322	12,528
Noviembre	7,395	10,001	13,835	12,230	11,203
Diciembre	8,289	11,143	13,906	12,317	13,801
TOTAL	98,854	120,086	173,340	159,223	149,575

Fuente: Base de datos Provias Nacional.



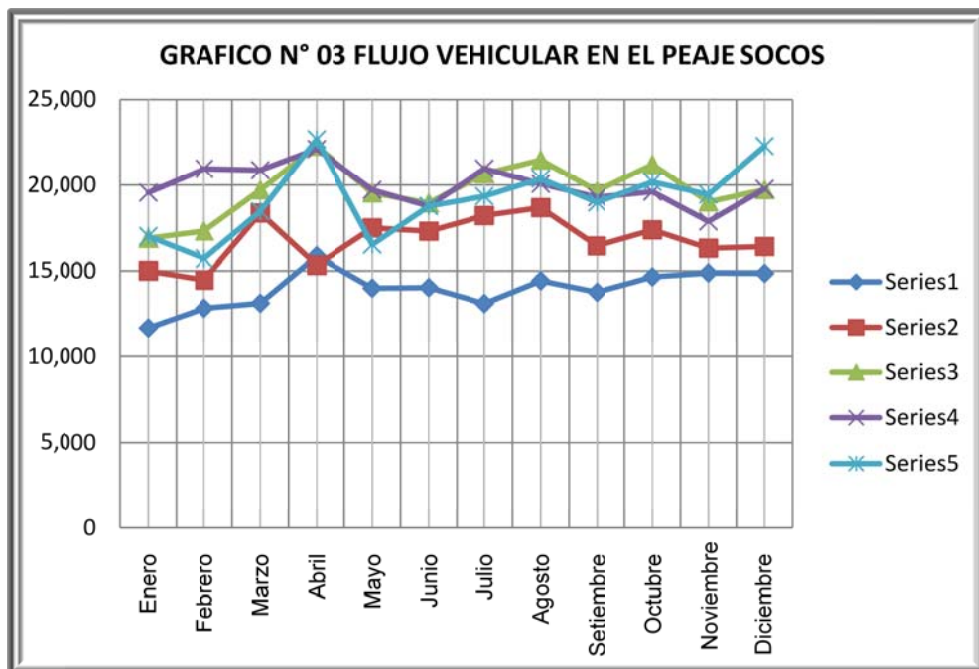
Fuente: Elaboración propia.

c. Flujo Vehicular Mensual del Peaje Socos.

Cuadro N° 03 Unidad de Peaje Socos.

MES	TRANSITO MENSUAL (veh./mes)				
	2008	2009	2010	2011	2012
Enero	11,677	14,994	16,883	19,556	17,006
Febrero	12,833	14,468	17,319	20,954	15,713
Marzo	13,115	18,362	19,708	20,868	18,467
Abril	15,871	15,323	22,275	22,110	22,676
Mayo	13,997	17,494	19,537	19,708	16,513
Junio	14,028	17,301	18,948	18,763	18,767
Julio	13,104	18,212	20,657	20,955	19,346
Agosto	14,425	18,676	21,465	20,073	20,372
Setiembre	13,759	16,438	19,639	19,286	18,976
Octubre	14,657	17,373	21,195	19,603	20,174
Noviembre	14,882	16,308	19,014	17,866	19,444
Diciembre	14,861	16,398	19,730	19,772	22,285
TOTAL	167,209	201,347	236,370	239,514	229,739

Fuente: Base de datos Provias Nacional



Fuente: Elaboración propia.

Al realizar el análisis gráfico de flujo vehicular en los tres peajes, se puede notar que existen picos de tráfico en los meses de abril, julio y diciembre, ello obedece a que en el mes de abril, se tiene un incremento de flujo vehicular por la época de semana santa, y los meses de julio y diciembre obedece a las vacaciones escolares y las festividades de fin de año.

3.2.4 Índice Medio Diario Anual (IMDA).

El cálculo del Índice Medio Diario Anual, se ha efectuado promediando los valores obtenidos de los registros de los 03 peajes, que se encuentran en la Red Vial. A continuación se muestra el cuadro resultante del IMD para la vía, los mismos que se calcularon para los años 2007, 2008, 2009, 2010 y 2011.

Cuadro N° 04 Índice Medio Diario.

AÑO	DIAS	IMD		
		PACRA	RUMICHACA	SOCOS
2008	365	443	271	458
2009	366	573	328	550
2010	365	634	475	648
2011	365	672	436	656
2012	365	702	410	629
TOTAL	1826			
IMD PROMEDIO		605	384	588
IMD		526		

Fuente: Elaboración propia

3.3 INFORMACIÓN DE DATOS DE ACCIDENTES DE TRANSITO EN LA VÍA LOS LIBERTADORES.

La base de datos de los accidentes de tránsito en la vía Los Libertadores fueron obtenidas de la Dirección de la IX DITERPOL – AYACUCHO y con sede en Ayacucho, jurisdicción policial sobre los departamentos de Ayacucho e Ica, en cuyas capitales funcionan las Regiones Policiales.

3.3.1 Análisis de datos existentes.

- ✓ Los datos de accidentes no están adecuadamente clasificados por vías: vías nacionales, departamentales y trochas carrozables
- ✓ Los archivos de los accidentes de tránsito con las que se cuenta son sistematizados por tipo de vías como son: vía urbana y carretera
- ✓ Se carece de formato de informe policial de accidentes de tránsito.
- ✓ La información de accidentes es muy general, cuenta con datos que no permiten una adecuada investigación y por ende elementos de juicio

incompletos que no permiten determinar con mayor precisión las causas de los accidentes de tránsito.

Los datos que consigna en el cuaderno de ocurrencia para la correspondiente investigación son los siguientes:

- Fecha.
 - Hora
 - Progresiva
 - Número de Heridos (leves - graves)
 - Número de Fallecidos
 - Cantidad y Tipos de Vehículos Involucrados (auto, pick-up, bus, camión y otro)
 - Tipo de Accidente (diagonal, frontal, vuelco y otro)
 - Lugar (curva, intersección o recta).
 - Condición Climática (bueno, lluvia, lluvia o granizo y neblina).
 - Sentido de Circulación (Ascendente o descendente),
- ✓ En lo que respecta a la información relacionada con la descripción del accidente, únicamente muestra una breve explicación del mismo con algún detalle adicional de lo sucedido.

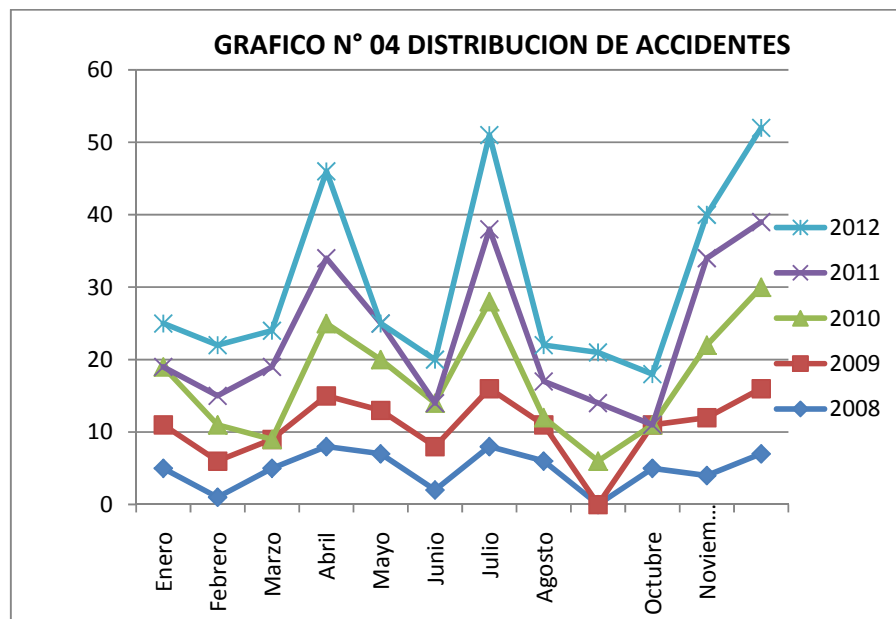
3.3.2 Información total de accidentes en la vía.

Como producto del procesamiento de la información de los cuadernos de ocurrencias en la vía libertadores, arrojó un total de 366 accidentes registrados entre los años 2008 a 2012, cuyo cuadro resumen se muestra a continuación.

Cuadro N° 05 Distribución de Accidentes Registrados, Mensualmente

MES	AÑO					
	2008	2009	2010	2011	2012	
Enero	5	6	8	0	6	
Febrero	1	5	5	4	7	
Marzo	5	4	0	10	5	
Abril	8	7	10	9	12	
Mayo	7	6	7	5	0	
Junio	2	6	6	0	6	
Julio	8	8	12	10	13	
Agosto	6	5	1	5	5	
Setiembre	0	0	6	8	7	
Octubre	5	6	0	0	7	
Noviembre	4	8	10	12	6	
Diciembre	7	9	14	9	13	
TOTAL ANUAL	58	70	79	72	87	TOTAL
						366

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

Al realizar el análisis grafico de la distribución de accidentes, se puede notar que coincidentemente existen mayor cantidad de accidentes en los meses de

abril, julio y diciembre, cuando en la vía existe un incremento de flujo vehicular.

3.3.3 Análisis de correlación de accidentes de tránsito y flujo vehicular.

Con los datos de flujo vehicular y número accidentes de tránsito en la vía se realizó el análisis de correlación entre estas dos variables, cuyo cuadro se muestra a continuación.

Cuadro N° 06 Análisis de Correlación de Flujo Vehicular y Número de Accidentes

N° DE DATOS	X	Y	XY	X ²	Y ²
1	142,603	58.00	8270954.67	20335520540.44	3364.00
2	177,023	70.00	12391610	31337142529.00	4900.00
3	213,682	79.00	16880878	45659997124.00	6241.00
4	214,625	72.00	15453024	46064033708.44	5184.00
5	211,863	87.00	18432081	44885930769.00	7569.00
N° de datos	5				
Total	959796.00	366.00	71,428,548	188282624670.89	27258.00
Promedio	191959.20	73.20			
	b=	0.00029			
	c=	17.55			
	r=	0.853			
Fuente: Elaboración propia					

Al realizar el cálculo estadístico, se pudo obtener una correlación de 0.853 cuyo valor es mayor al coeficiente tabular 0.805 (5%), con ello se puede concluir que existen una correlación lineal estadísticamente significativa entre el flujo vehicular y el número de accidentes. Este valor estadístico muestra que a mayor flujo vehicular se tendrá mayor número de accidentes de tránsito.

3.4 IDENTIFICACION DE TRAMOS DE CONCENTRACIÓN DE ACCIDENTES.

La identificación de los Tramos de Concentración de Accidentes (TCA), se realizaron teniendo como información la base de datos de accidentes de tránsito en la Vía, que se calcularon mediante 05 metodologías, los mismos que detallamos a continuación:

3.4.1 Método del Índice de Peligrosidad.

El método propone límites fijos a partir de los cuales cualquier tramo con un Índice de Peligrosidad superior al que fija la norma para su TMDA, es considerado como un tramo de concentración de accidentes (TCA). Los límites de tránsito que presenta el método son arbitrarios, proponiendo que a medida que se incrementa la categoría de camino dado el tránsito del tramo, debe exigirse un mayor grado de seguridad.

Se considera que el método del índice de peligrosidad no resulta, a priori, un procedimiento adecuado para la identificación de TCA, ya que no tiene en cuenta la distribución de los accidentes en la vía y solo contempla aquellos accidentes que registran víctimas. Esto significa que a un elevado número de accidentes con víctimas (ACV) en la vía, registraremos una significativa cantidad de TCA, y si bien podría parecer lógica esta suposición en la que se basa el método, ello no implica que en todos esos TCA las condiciones de la vía sean un factor de peso en la ocurrencia de accidentes.

Además, su aplicación es limitada, ya que los valores límites del IP (100 y 70) están fijados en la norma para las condiciones particulares del sitio de origen del método. Resulta entonces que el método adoptado por la Ley Provincial de Tránsito de Córdoba no es consistente dado que no considera la distribución de los accidentes, como así tampoco los accidentes sin víctimas, por lo que los resultados de su aplicación deben ser analizados teniendo en cuenta las características particulares y limitaciones de esta técnica.

En nuestra investigación el método no fue aplicado debido a la falta de datos de víctimas en los accidentes, así mismo por el hecho de la no consistencia del método.

3.4.2 Método del número de accidentes.

Cuadro N° 07

Resumen de TCA Método del Número de Accidentes

RUTA NACIONAL VIA LIBERTADORES							
Progresiva Inicio		0	+	000	Long. Tramo :	1 km	
Progresiva Fin		329	+	000	Longitud vía :	329 km	
Tramo i	Progresivas		Hito Proximo al Tramo	N° accidentes en el tramo i	N _i	N _m	Condicion de TCA
	Inicio	Fin					
100	99	100	Ciudad de Huaytara	3	3.00	1.11	TCA
139	138	139	Comunidad de	5	5.00	1.11	TCA
142	141	142	Abra apacheta	6	6.00	1.11	TCA
154	153	154	Abra apacheta	5	5.00	1.11	TCA
185	184	185	Comunidad de San Felipe	3	3.00	1.11	TCA
220	219	220	Comuniadad de Yurac julpa	4	4.00	1.11	TCA
264	263	264	Comunidad de niñobama	6	6.00	1.11	TCA
270	269	270	Comunidad de	3	3.00	1.11	TCA
291	290	291	Comunidad de arizona	7	7.00	1.11	TCA
298	297	298	Comunidad de sallali baja	4	4.00	1.11	TCA
301	300	301	Comunidad de sallali alta	6	6.00	1.11	TCA
305	304	305	Comunidad 8 de diciembre	4	4.00	1.11	TCA
308	307	308	Division santiago de pischa	3	3.00	1.11	TCA

Fuente: Elaboración propia

Al realizar el cálculo de Tramos de Concentración de Accidentes (TCA), por esta metodología se pudo calcular la existencia de 13 Tramos de Concentración de accidentes.

La metodología de cálculo de acuerdo a los datos de; longitud de sub tramo, longitud de vía, cantidad de accidentes producidos en el periodo de análisis y de manera indirecta el tiempo, considera como tramos de concentración de accidentes aquellos sub tramos donde ocurrieron 03 a más accidentes, no considerando a sub tramos con 02 accidente de tránsito.

En el Cuadro N° 07 los Tramos de Concentración de Accidentes, identificados con la metodología antes indicada, con los parámetros de comparaciones calculados.

3.4.3 Método de la tasa de accidentes.

Cuadro N° 08

Resumen de TCA Método de la Tasa de Accidentes

RUTA NACIONAL VIA LIBERTADORES							
Progresiva Inicio		0	+	000	Longitud Tramo :	1 km	
Progresiva Fin		329	+	000	Longitud vía :	329 km	
tramo i	progresivas		Hito Proximo al Tramo	N° de accidentes en el tramo i	T _i	T _m	Condicion para ser TCA
	Inicio	Fin					
100	99	100	Ciudad de Huaytara	3	3.13	1.16	TCA
139	138	139	Comunidad de	5	5.21	1.16	TCA
142	141	142	Abra apacheta	6	6.25	1.16	TCA
154	153	154	Abra apacheta	5	5.21	1.16	TCA
185	184	185	Comunidad de San Felipe	3	3.13	1.16	TCA
220	219	220	Comuniadad de Yuracjulpa	4	4.17	1.16	TCA
264	263	264	Comunidad de ñiobama	6	6.25	1.16	TCA
270	269	270	Comunidad de	3	3.13	1.16	TCA
291	290	291	Comunidad de arizona	7	7.29	1.16	TCA
298	297	298	Comunidad de sallali baja	4	4.17	1.16	TCA
301	300	301	Comunidad de sallali alta	6	6.25	1.16	TCA
305	304	305	Comunidad 8 de diciembre	4	4.17	1.16	TCA
308	307	308	Division santiago de pischa	3	3.13	1.16	TCA

Fuente: elaboración propia.

Al realizar el cálculo de Tramos de Concentración de Accidentes (TCA), por esta metodología se pudo calcular la existencia de 13 Tramos de Concentración de accidentes, coincidentemente igual que la metodología anterior.

La metodología de cálculo de acuerdo a los datos de; longitud de sub tramo, longitud de vía, flujo vehicular a través de Índice Medio Diario Anual, número de días y cantidad de accidentes producidos, considera como tramos de concentración de accidentes aquellos sub tramos donde ocurrieron 03 a más accidentes, no considerando a sub tramos con 02 accidente de tránsito.

En el Cuadro N° 08 los Tramos de Concentración de Accidentes, identificados con la metodología antes indicada, con los parámetros de comparaciones calculados.

3.4.4 Método del Número - Tasa.

Cuadro N°09
Resumen de TCA Método del Numero - Tasa

RUTA NACIONAL VIA LOS LIBERTADORES											
Progresiva Inicio		0	+	000	Longitud Tramo	:	1	km			
Progresiva Fin		329	+	000	Longitud vía	:	329	km			
tramo i	progresivas		Hito Proximo al Tramo	N° de accidentes en el tramo i	N _i	N _m	T _i	T _m	Condición 1 para ser TCA	Condición 2 para ser TCA	Condición final
	Inicio	Fin									
100	99	100	Ciudad de Huaytara	3	3.00	1.11	3.13	1.16	OK	OK	TCA
139	138	139	Comunidad de Yuracmachay	5	5.00	1.11	5.21	1.16	OK	OK	TCA
142	141	142	Abra apacheta	6	6.00	1.11	6.25	1.16	OK	OK	TCA
154	153	154	Abra apacheta	5	5.00	1.11	5.21	1.16	OK	OK	TCA
185	184	185	Comunidad de San Felipe	3	3.00	1.11	3.13	1.16	OK	OK	TCA
220	219	220	Comuniadad de Yuracjulpa	4	4.00	1.11	4.17	1.16	OK	OK	TCA
264	263	264	Comunidad de niñobama	6	6.00	1.11	6.25	1.16	OK	OK	TCA
270	269	270	Comunidad de Hatumpampa	3	3.00	1.11	3.13	1.16	OK	OK	TCA
291	290	291	Comunidad de arizona	7	7.00	1.11	7.29	1.16	OK	OK	TCA
298	297	298	Comunidad de sallali baja	4	4.00	1.11	4.17	1.16	OK	OK	TCA
301	300	301	Comunidad de sallali alta	6	6.00	1.11	6.25	1.16	OK	OK	TCA
305	304	305	Comunidad 8 de diciembre	4	4.00	1.11	4.17	1.16	OK	OK	TCA
308	307	308	Division santiago de pischa	3	3.00	1.11	3.13	1.16	OK	OK	TCA

Fuente: Elaboración Propia

Al realizar el cálculo de Tramos de Concentración de Accidentes (TCA), por esta metodología se pudo calcular la existencia de 13 Tramos de Concentración de accidentes.

La metodología de cálculo considera los parámetros combinados del método del número de accidentes y el método de la tasa de accidentes, por lo que considera como datos de cálculos; longitud de sub tramo, longitud de vía, flujo vehicular a través de Índice Medio Diario Anual, número de días y cantidad de accidentes producidos, considera como tramos de concentración de accidentes aquellos sub tramos donde ocurrieron 03 a más accidentes, no considerando a sub tramos con 02 accidente de tránsito.

En el Cuadro N° 09 los Tramos de Concentración de Accidentes, identificados con la metodología antes indicada, con los parámetros de comparaciones calculados.

3.4.5 Método del Control de Calidad de la Tasa.

Cuadro N°10
Resumen de TCA Método del Control de Calidad de la Tasa

RUTA NACIONAL VIA LOS LIBERTADORES									
Progresiva Inicio		0 +		000	Longitud Tra:		1 km		
Progresiva Fin		329 +		000	Longitud vía :		329 km		
					k		: 1.5		
tramo i	progresivas		Hito Proximo al Tramo	N°de accidentes	t _i	T _m	T _{ci}	T _i	Condicion para ser
	Inicio	Fin							
100	99	100	Ciudad de Huaytara	3	0.96	0.33	1.73	3.13	TCA
117	116	117	Ciudad de Huaytara	2	0.96	0.33	1.73	2.08	TCA
139	138	139	Comunidad de Yuracmachay	5	0.96	0.33	1.73	5.21	TCA
142	141	142	Abra apacheta	6	0.96	0.33	1.73	6.25	TCA
154	153	154	Abra apacheta	5	0.96	0.33	1.73	5.21	TCA
185	184	185	Comunidad de San Felipe	3	0.96	0.33	1.73	3.13	TCA
207	206	207	Comunidad de Rumichaca	2	0.96	0.33	1.73	2.08	TCA
220	219	220	Comuniadad de Yuracjulpa	4	0.96	0.33	1.73	4.17	TCA
231	230	231	Abra apacheta	2	0.96	0.33	1.73	2.08	TCA
248	247	248	Comuniad de tunsuya	2	0.96	0.33	1.73	2.08	TCA
264	263	264	Comunidad de niñobama	6	0.96	0.33	1.73	6.25	TCA
270	269	270	Comunidad de Hatumpampa	3	0.96	0.33	1.73	3.13	TCA
288	287	288	Comunidad de angasmayo	2	0.96	0.33	1.73	2.08	TCA
291	290	291	Comunidad de arizona	7	0.96	0.33	1.73	7.29	TCA
298	297	298	Comunidad de sallali baja	4	0.96	0.33	1.73	4.17	TCA
301	300	301	Comunidad de sallali alta	6	0.96	0.33	1.73	6.25	TCA
305	304	305	Comunidad 8 de diciembre	4	0.96	0.33	1.73	4.17	TCA
308	307	308	Division santiago de pischa	3	0.96	0.33	1.73	3.13	TCA

Fuente: Elaboración propia

Al realizar el cálculo de Tramos de Concentración de Accidentes (TCA), por esta metodología se pudo calcular la existencia de 18 Tramos de Concentración de accidentes.

La metodología de cálculo de acuerdo a los datos de; longitud de sub tramo, longitud de vía, flujo vehicular a través de Índice Medio Diario Anual, número de días y cantidad de accidentes producidos, considera como tramos de concentración de accidentes aquellos sub tramos donde ocurrieron 02 a más accidentes, no considerando a sub tramos con 01 accidente de tránsito.

En el Cuadro N° 09 los Tramos de Concentración de Accidentes, identificados con la metodología antes indicada, con los parámetros de comparaciones calculados.

3.4.6 Evaluación de los Métodos.

a. Método del Número de Accidentes.

El método es simple, de aplicación directa y sus únicas variables son la cantidad de accidentes, la longitud de los tramos de estudio y el coeficiente de mayoración. A través del factor “k” puede ajustarse la sensibilidad del mismo. A medida que el valor de k se incrementa, disminuye la cantidad de TCA detectados, y por el contrario, la disminución del valor de k incrementa la cantidad de TCA detectados.

El método resulta especialmente sensible a la longitud de tramo seleccionada. A medida que se incrementa la longitud del tramo, la dispersión en el valor de N_i tiende a disminuir, es decir que el valor de N_i se aproxima cada vez más a la media (N_m).

En el límite, si se considera un tramo de longitud igual al camino en estudio, el valor de N_i coincidirá con el valor de N_m .

Esto lleva a que, para el mismo camino, con la misma distribución de accidentes y el mismo factor de mayoración (k), se detecte una mayor cantidad de TCA si se fracciona en tramos de menor longitud.

La consistencia de los resultados de este método no está garantizada, dado que el límite inferior de frecuencias a partir del cual un tramo es considerado peligroso se obtiene a partir de la media de la muestra, en lugar de considerar el valor de la frecuencia con una probabilidad de ocurrencia dada. Esto implica que para dos muestras con igual media y distinta dispersión, el método no detecta la misma cantidad de TCA.

b. Método de la Tasa de Accidentes.

Un análisis basado sólo en el número de accidentes puede conducir a conclusiones equivocadas, sobre todo si a lo largo del camino existen variaciones considerables en los volúmenes de tránsito. A dos ubicaciones

que registren el mismo número de accidentes, no debería atribuírseles idéntica peligrosidad si una de ellas dobla a la otra en cuanto a volumen de tránsito se refiere.

El método de la Tasa de Accidentes considera la variable del volumen de tránsito para establecer la peligrosidad del tramo. Entonces para aplicarlo, además de la ubicación y cantidad de accidentes del camino, es necesario contar con los datos de volumen de tránsito(TMDA).

En el método se puede observar que para bajos valores de tránsito, escasos accidentes darán como resultado una tasa elevada y viceversa. En consecuencia, identificar sitios peligrosos exclusivamente en función de las tasas de accidentes puede resultar engañoso si se trabaja con tránsitos bajos en algunos tramos y tránsitos elevados en otros.

El método de la Tasa también es sensible a la longitud de tramo en la que se divide el camino en estudio. Al igual que para el método del Número, al incrementar la longitud de los tramos, disminuye la dispersión de la muestra, por ello los valores de la T_i se aproximan cada vez más al valor de la T_m , con lo que para un mismo camino, con la misma distribución de accidentes y tránsitos, y el mismo factor de mayoración, el método identifica mayor cantidad de TCA en el estudio en el que se dividió el camino en tramos de menor longitud.

c. **Método del Número – Tasa.**

El método exige el cumplimiento simultáneo de las condiciones del método del número de accidentes y el de la tasa de accidentes. Esta doble exigencia reduce el número de ubicaciones en las que verifican los TCA, y además asegura que el tramo peligroso exhiba una cantidad anormal de accidentes (especialmente cuando éste presenta una baja exposición al tránsito).

Como se ha mencionado anteriormente, tanto el método del número, como el de la tasa son especialmente sensibles a la longitud elegida del tramo. Dado que ambos métodos condicionan la detección del TCA al desvío de sus N_i o T_i con respecto a sus valores medios(N_m y T_m), y que a medida que se incrementa la longitud de los tramos, los valores de N_i y T_i presentan una menor desviación, resulta que el método presenta una menor sensibilidad medida que la longitud del tramo aumenta.

Aplicado en un camino con amplias variaciones en los volúmenes de tránsito, y suponiendo la variación lineal de los accidentes con el tránsito, la condición $N_i > KN$. N_m tenderá a no verificar para tránsitos bajos. Lo que persigue el método es identificar como peligrosas a aquellas ubicaciones en las que tanto la cantidad como la tasa de accidentes sean anormalmente superiores a las del sistema, logrando eliminar de la lista de lugares peligrosos a tramos con altas tasas y pocos accidentes (o sea, de bajo tránsito).

Dado que el método del Número-Tasa es la combinación de los dos descritos anteriormente, la consistencia de sus resultados depende del criterio adoptado para establecer el valor del límite a partir del cual se considera el tramo peligroso en cada uno de ellos.

d. Método del Control de Calidad de la Tasa.

El método aplica un control estadístico sobre los valores de las tasas de cada tramo. Este control estadístico asume que la distribución de accidentes se ajusta al modelo de Poisson.

El objetivo del método es encontrar dentro de esta distribución aquel valor de “n” para el cual la probabilidad de ocurrencia es particularmente baja (menor al 5%). Con ello busca que los tramos detectados como peligrosos no sean producto del azar, sino de un defecto importante en la vía que contribuya a la inusual concentración de accidentes.

Su cálculo se basa en el control de calidad de los análisis estadísticos para determinar si la tasa de accidentes de un lugar en particular es inusual, con ello define que un Tramo de Concentración de Accidentes es un hecho inusual.

Se suma a ello que en la vía en estudio considera un Tramo de Concentración de Accidentes, aquellos lugares donde se producen 2 a más accidentes. Este hecho indica que los accidentes en un número 2 o mayor a 2 obedece a una causa persistente más que a un evento al azar.

Cabe indicar que si en un sub tramo se presentan dos accidentes de tránsito esto ya muestra que algo anormal está ocurriendo en el sub tramo.

Por lo indicado anteriormente se concluye que el Método del Control de Calidad de la Tasa, se enmarca mejor a la vía en estudio.

3.5 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LOS TRAMOS DE CONCENTRACIÓN DE ACCIDENTES.

Los TCA determinados por los diversos métodos anteriormente descritos, fueron evaluados para poder definir las causas que lo generaron.

El trabajo consistió en evaluar los partes y atestados policiales, concluyendo en las causas que generaron el accidente.

Una vez definido las causas, se realizaron trabajos topográficos y diseño geométrico en cada uno del TCA, a fin de corroborar que los elementos geométricos de la vía cumplan con lo establecido en el Manual DG – 2001.

3.5.1 Evaluación de las Causas de Accidentes en T.C.A. con Información Policial.

**Cuadro N°11
Resumen de Causas de Accidentes en los TCA**

N°	tramo i	Progresivas km		Hito Proximo al Tramo	Causa del accidente	Observación
		Inicio	Fin			
1	100	99	100	Ciudad de Huaytara	Exceso velocidad	Con Victimas
2	117	116	117	Ciudad de Huaytara	Exceso velocidad	Con Victimas
3	139	138	139	Comunidad de Yuracmachay	Exceso velocidad	Con Victimas
4	142	141	142	Abra apacheta	Exceso velocidad	Con Victimas
5	154	153	154	Abra apacheta	Exceso velocidad	Con Victimas
6	185	184	185	Comunidad de San Felipe	Exceso velocidad	Con Victimas
7	207	206	207	Comunidad de Rumichaca	Exceso velocidad	Con Victimas
8	220	219	220	Comuniadad de Yuracjulpa	Exceso velocidad	Con Victimas
9	231	230	231	Abra apacheta	Exceso velocidad	Con Victimas
10	248	247	248	Comuniad de tunsuya	Exceso velocidad	Con Victimas
11	264	263	264	Comunidad de ñiobama	Exceso velocidad	Con Victimas
12	270	269	270	Comunidad de Hatumpampa	Exceso velocidad	Con Victimas
13	288	287	288	Comunidad de angasmayo	Exceso velocidad	Con Victimas
14	291	290	291	Comunidad de arizona	Exceso velocidad	Con Victimas
15	298	297	298	Comunidad de sallali baja	Exceso velocidad	Con Victimas
16	301	300	301	Comunidad de sallali alta	Exceso velocidad	Con Victimas
17	305	304	305	Comunidad 8 de diciembre	Exceso velocidad	Con Victimas
18	308	307	308	Division santiago de pischa	Exceso velocidad	Con Victimas

Fuente: Elaboración propia

En los 18 casos de los Tramos de Concentración de Accidentes identificados, se pudo constatar que las causas por las que se produjeron los accidentes de tránsito fueron únicamente por exceso de velocidad.

Así mismo se puede mencionar que los 18 Tramos de Concentración de Accidentes, muestran eventos con víctimas humanas, por lo menos en uno de los accidentes.

3.5.2 Evaluación de los Elementos Geométrico de los T.C.A.

La evaluación consistió en dos eventos: el primero que consistió en realizar el levantamiento topográfico de los 18 Tramos de Concentración de Accidentes identificados, y seguidamente se calculo los elementos geométricos de los Tramos de Concentración de Accidentes, para luego realizar la comparación con la Norma DG – 2001.

A continuación se muestra los cálculos de los elementos geométricos de los diferentes TCA.

✓ Tramo de concentración de Accidentes N° 01 (Km. 99+700)

REPLANTEO Y CALCULO DE ELEMENTOS DE CURVA											
DATOS											
T =	70.47	m.									
Δ =	15 °	12 ' 20 "	=	15.2 °							
Vd =	40	Km/h.									
p =	3.53%				(calculo topografico)						
f =	0.17				(factor recomendado)						
CALCULOS											
$T = R \times \tan \frac{\Delta}{2}$		Despejando "R"									
$R = \frac{T}{\tan \left(\frac{\Delta}{2} \right)}$		Rcalc. = 527.95 m									
$R_{min} = \frac{V^2}{128 \times (p+f)}$		Rmin. = 60.89 m									
RESUMEN											
N° de TCA	Progresiva (Km)		Datos			Elementos geometricos					
	Inicio	Fin	V	T	Δ	Rcal.	Rmin.	Cumple el "R"	Peralte calculado	Peralte mínimo	Cumple el "p"
1	99	100	40	70.5	15.2	527.95	60.89	OK	3.53%	2%	OK



Ubicación : Km. 99+700

Causa de Accidentes : Exceso de velocidad

✓ Tramo de concentración de Accidentes N° 02 (116+500)

REPLANTEO Y CALCULO DE ELEMENTOS DE CURVA											
DATOS											
$T =$	48.3	m.									
$\Delta =$	27 °	15 ' 30 "	= 27.3 °								
$Vd =$	40	Km/h.									
$p =$	4.30%	(calculo topografico)									
$f =$	0.17	(factor recomendado)									
CALCULOS											
$T = R \times \tan \frac{\Delta}{2}$		Despejando "R"									
$R = \frac{T}{\tan \left(\frac{\Delta}{2} \right)}$		Rcalc. = 199.20 m									
$R_{min} = \frac{V^2}{128 \times (p+f)}$		Rmin. = 58.69 m									
RESUMEN											
N° de TCA	Progresiva (Km)		Datos			Elementos geometricos					
	Inicio	Fin	V	T	Δ	Rcal.	Rmin.	Cumple el "R"	Peralte calculado	Peralte mínimo	Cumple el "p"
2	116	117	40	48.3	27.3	199.20	58.69	OK	4.30%	2%	OK



Ubicación : Km. 116+500

Causa de Accidentes : Exceso de velocidad

✓ Tramo de concentración de Accidentes N° 03 (Km. 138+500).

REPLANTEO Y CALCULO DE ELEMENTOS DE CURVA											
DATOS											
T =	37.3	m.									
Δ =	42 °	24 ' 40 "	=	42.4 °							
Vd =	40	Km/h.									
p =	3.60%	(calculo topografico)									
f =	0.17	(factor recomendado)									
CALCULOS											
$T = R \times \tan \frac{\Delta}{2}$		Despejando "R"									
$R = \frac{T}{\tan \left(\frac{\Delta}{2} \right)}$		Rcalc. = 96.14 m									
$R_{\min} = \frac{V^2}{128 \times (p+f)}$		Rmin. = 60.68 m									
RESUMEN											
N° de TCA	Progresiva (Km)		Datos			Elementos geometricos					
	Inicio	Fin	V	T	Δ	Rcal.	Rmin.	Cumple el "R"	Peralte calculado	Peralte mínimo	Cumple el "p"
3	138	139	40	37.3	42.4	96.14	60.68	OK	3.60%	2%	OK



Ubicación : Km. 138+500

Causa de Accidentes : Exceso de velocidad

✓ Tramo de concentración de Accidentes N° 04 (Km. 141+800).

REPLANTEO Y CALCULO DE ELEMENTOS DE CURVA											
DATOS											
$T =$	131.2 m.										
$\Delta =$	35 ° 36 ' 18 " = 35.6 °										
$Vd =$	40 Km/h.										
$p =$	2.70% (calculo topografico)										
$f =$	0.17 (factor recomendado)										
CALCULOS											
$T = R \times \tan \frac{\Delta}{2}$		Despejando "R"									
$R = \frac{T}{\tan \left(\frac{\Delta}{2} \right)}$		Rcalc. = 408.58 m									
$R_{min} = \frac{V^2}{128 \times (p+f)}$		Rmin. = 63.45 m									
RESUMEN											
N° de TCA	Progresiva (Km)		Datos			Elementos geometricos					
	Inicio	Fin	V	T	Δ	Rcal.	Rmin.	Cumple el "R"	Peralte calculado	Peralte mínimo	Cumple el "p"
4	141	142	40	131	35.6	408.58	63.45	OK	2.70%	2%	OK



Ubicación : Km. 141+800

Causa de Accidentes : Exceso de velocidad

✓ Tramo de concentración de Accidentes N° 05 (Km. 159+400).

REPLANTEO Y CALCULO DE ELEMENTOS DE CURVA											
DATOS											
$T =$	89.37 m.										
$\Delta =$	18 ° 48 ' 32 " = 18.8 °										
$Vd =$	40 Km/h.										
$p =$	3.50% (calculo topografico)										
$f =$	0.17 (factor recomendado)										
CALCULOS											
$T = R \times \tan \frac{\Delta}{2}$		Despejando "R"									
$R = \frac{T}{\tan \left(\frac{\Delta}{2} \right)}$		Rcalc. = 539.58 m									
$R_{\min} = \frac{V^2}{128 \times (p+f)}$		Rmin. = 60.98 m									
RESUMEN											
N° de TCA	Progresiva (Km)		Datos			Elementos geometricos					
	Inicio	Fin	V	T	Δ	Rcal.	Rmin.	Cumple el "R"	Peralte calculado	Peralte mínimo	Cumple el "p"
5	153	154	40	89.4	18.8	539.58	60.98	OK	3.50%	2%	OK



Ubicación : Km. 159+400

Causa de Accidentes : Exceso de velocidad

✓ Tramo de concentración de Accidentes N° 06 (Km. 184+700).

REPLANTEO Y CALCULO DE ELEMENTOS DE CURVA											
DATOS											
T =	54.42	m.									
Δ =	48 °	53 ' 32 "	= 48.9 °								
Vd =	40	Km/h.									
p =	2.90%	(calculo topografico)									
f =	0.17	(factor recomendado)									
CALCULOS											
$T = R \times \tan \frac{\Delta}{2}$		Despejando "R"									
$R = \frac{T}{\tan \left(\frac{\Delta}{2} \right)}$		Rcalc. = 119.71 m									
$R_{min} = \frac{V^2}{128 \times (p+f)}$		Rmin. = 62.81 m									
RESUMEN											
N° de TCA	Progresiva (Km)		Datos			Elementos geometricos					
	Inicio	Fin	V	T	Δ	Rcal.	Rmin.	Cumple el "R"	Peralte calculado	Peralte mínimo	Cumple el "p"
6	184	185	40	54.4	48.9	119.71	62.81	OK	2.90%	2%	OK



Ubicación : Km. 184+700

Causa de Accidentes : Exceso de velocidad, Zona de nieve y neblina

✓ Tramo de concentración de Accidentes N° 07 (Km. 206+500).

REPLANTEO Y CALCULO DE ELEMENTOS DE CURVA											
DATOS											
$T =$	102.35	m.									
$\Delta =$	33 °	15 ' 20 "	= 33.3 °								
$Vd =$	40	Km/h.									
$p =$	2.60%	(calculo topografico)									
$f =$	0.17	(factor recomendado)									
CALCULOS											
$T = R \times \tan \frac{\Delta}{2}$		Despejando "R"									
$R = \frac{T}{\tan \left(\frac{\Delta}{2} \right)}$		Rcalc. = 342.72 m									
$R_{min} = \frac{V^2}{128 \times (p+f)}$		Rmin. = 63.78 m									
RESUMEN											
N° de TCA	Progresiva (Km)		Datos			Elementos geometricos					
	Inicio	Fin	V	T	Δ	Rcal.	Rmin.	Cumple el "R"	Peralte calculado	Peralte mínimo	Cumple el "p"
7	206	207	40	102	33.3	342.72	63.78	OK	2.60%	2%	OK



Ubicación : Km. 206+500

Causa de Accidentes : Exceso de velocidad, Zona de nieve y neblina

✓ Tramo de concentración de Accidentes N° 08 (Km. 219+400).

REPLANTEO Y CALCULO DE ELEMENTOS DE CURVA											
DATOS											
T =	85.43	m.									
Δ =	53 °	15 ' 20 "	= 53.3 °								
Vd =	40	Km/h.									
p =	3.53%	(calculo topografico)									
f =	0.17	(factor recomendado)									
CALCULOS											
$T = R \times \tan \frac{\Delta}{2}$		Despejando "R"									
$R = \frac{T}{\tan \left(\frac{\Delta}{2}\right)}$		Rcalc. = 170.39 m									
$R_{\min} = \frac{V^2}{128 \times (p + f)}$		Rmin. = 60.89 m									
RESUMEN											
N° de TCA	Progresiva (Km)		Datos			Elementos geometricos					
	Inicio	Fin	V	T	Δ	Rcal.	Rmin.	Cumple el "R"	Peralte calculado	Peralte mínimo	Cumple el "p"
8	219	220	40	85.4	53.3	170.39	60.89	OK	3.53%	2%	OK



Ubicación : Km. 219+400

Causa de Accidentes : Exceso de velocidad, Zona de nieve y neblina

✓ Tramo de concentración de Accidentes N° 09 (Km. 230+700).

REPLANTEO Y CALCULO DE ELEMENTOS DE CURVA											
DATOS											
$T =$	12.50	m.									
$\Delta =$	14 °	20 ' 35 "	$= 14.3 °$								
$Vd =$	40	Km/h.									
$p =$	2.89%	(calculo topografico)									
$f =$	0.17	(factor recomendado)									
CALCULOS											
$T = R \times \tan \frac{\Delta}{2}$	Despejando "R"										
$R = \frac{T}{\tan \left(\frac{\Delta}{2} \right)}$	Rcalc. = 99.34 m										
$R_{min} = \frac{V^2}{128 \times (p + f)}$	Rmin. = 62.85 m										
RESUMEN											
N° de TCA	Progresiva (Km)		Datos			Elementos geometricos					
	Inicio	Fin	V	T	Δ	Rcal.	Rmin.	Cumple el "R"	Peralte calculado	Peralte mínimo	Cumple el "p"
9	230	231	40	12.5	14.3	99.34	62.85	OK	2.89%	2%	OK



Ubicación : Km. 230+700

Causa de Accidentes : Exceso de velocidad, Zona de nieve y neblina

✓ Tramo de concentración de Accidentes N° 10 (Km. 247+200).

REPLANTEO Y CALCULO DE ELEMENTOS DE CURVA											
DATOS											
$T =$	34.32 m.										
$\Delta =$	18 ° 23 ' 40 " = 18.4 °										
$Vd =$	40 Km/h.										
$p =$	3.11% (calculo topografico)										
$f =$	0.17 (factor recomendado)										
CALCULOS											
$T = R \times \tan \frac{\Delta}{2}$		Despejando "R"									
$R = \frac{T}{\tan \left(\frac{\Delta}{2} \right)}$		Rcalc. = 211.96 m									
$R_{min} = \frac{V^2}{128 \times (p+f)}$		Rmin. = 62.16 m									
RESUMEN											
N° de TCA	Progresiva (Km)		Datos			Elementos geometricos					
	Inicio	Fin	V	T	Δ	Rcal.	Rmin.	Cumple el "R"	Peralte calculado	Peralte mínimo	Cumple el "p"
10	247	248	40	34.3	18.4	211.96	62.16	OK	3.11%	2%	OK

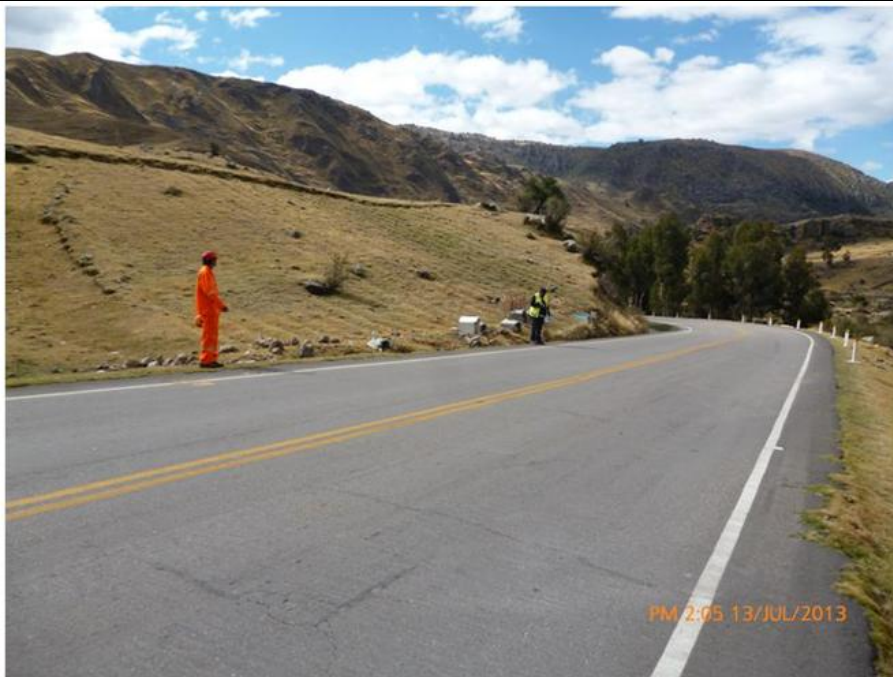


Ubicación : Km. 247+200

Causa de Accidentes : Exceso de velocidad

✓ Tramo de concentración de Accidentes N° 11 (Km. 263+100).

REPLANTEO Y CALCULO DE ELEMENTOS DE CURVA											
DATOS											
T =	25.40 m.										
Δ =	32 ° 34 ' 48 " = 32.6 °										
Vd =	40 Km/h.										
p =	3.56% (calculo topografico)										
f =	0.17 (factor recomendado)										
CALCULOS											
$T = R \times \tan \frac{\Delta}{2}$		Despejando "R"									
$R = \frac{T}{\tan \left(\frac{\Delta}{2} \right)}$		Rcalc. = 86.92 m									
$R_{min} = \frac{V^2}{128 \times (p+f)}$		Rmin. = 60.80 m									
RESUMEN											
N° de TCA	Progresiva (Km)		Datos			Elementos geometricos					
	Inicio	Fin	V	T	Δ	Rcal.	Rmin.	Cumple el "R"	Peralte calculado	Peralte mínimo	Cumple el "p"
11	263	264	40	25.4	32.6	86.92	60.80	OK	3.56%	2%	OK



Ubicación : Km. 263+100

Causa de Accidentes : Exceso de velocidad

✓ Tramo de concentración de Accidentes N° 12 (Km. 269+200).

REPLANTEO Y CALCULO DE ELEMENTOS DE CURVA											
DATOS											
$T =$	42.12	m.									
$\Delta =$	18 °	20 ' 43 "	= 18.3 °								
$Vd =$	40	Km/h.									
$p =$	2.87%	(calculo topografico)									
$f =$	0.17	(factor recomendado)									
CALCULOS											
$T = R \times \tan \frac{\Delta}{2}$		Despejando "R"									
$R = \frac{T}{\tan \left(\frac{\Delta}{2}\right)}$		Rcalc. = 260.85 m									
$R_{min} = \frac{V^2}{128 \times (p + f)}$		Rmin. = 62.91 m									
RESUMEN											
N° de TCA	Progresiva (Km)		Datos			Elementos geometricos					
	Inicio	Fin	V	T	Δ	Rcal.	Rmin.	Cumple el "R"	Peralte calculado	Peralte mínimo	Cumple el "p"
12	269	270	40	42.1	18.3	260.85	62.91	OK	2.87%	2%	OK



Ubicación : Km. 269+200

Causa de Accidentes : Exceso de velocidad

✓ Tramo de concentración de Accidentes N° 13 (Km. 287+500).

REPLANTEO Y CALCULO DE ELEMENTOS DE CURVA											
DATOS											
T =	69.43 m.										
Δ =	14 ° 18 ' 24 " = 14.3 °										
Vd =	40 Km/h.										
p =	3.12% (calculo topografico)										
f =	0.17 (factor recomendado)										
CALCULOS											
$T = R \times \tan \frac{\Delta}{2}$		Despejando "R"									
$R = \frac{T}{\tan \left(\frac{\Delta}{2}\right)}$		Rcalc. = 553.22 m									
$R_{min} = \frac{V^2}{128 \times (p+f)}$		Rmin. = 62.13 m									
RESUMEN											
N° de TCA	Progresiva (Km)		Datos			Elementos geometricos					
	Inicio	Fin	V	T	Δ	Rcal.	Rmin.	Cumple el "R"	Peralte calculado	Peralte mínimo	Cumple el "p"
13	287	288	40	69.4	14.3	553.22	62.13	OK	3.12%	2%	OK



Ubicación : Km. 287+500

Causa de Accidentes : Exceso de velocidad

✓ Tramo de concentración de Accidentes N° 14 (Km. 290+800).

REPLANTEO Y CALCULO DE ELEMENTOS DE CURVA											
DATOS											
$T =$	56.67 m.										
$\Delta =$	48 ° 14 ' 24 " = 48.2 °										
$Vd =$	40 Km/h.										
$p =$	3.98% (calculo topografico)										
$f =$	0.17 (factor recomendado)										
CALCULOS											
$T = R \times \tan \frac{\Delta}{2}$		Despejando "R"									
$R = \frac{T}{\tan \left(\frac{\Delta}{2} \right)}$		Rcalc. = 126.57 m									
$R_{min} = \frac{V^2}{128 \times (p+f)}$		Rmin. = 59.58 m									
RESUMEN											
N° de TCA	Progresiva (Km)		Datos			Elementos geometricos					
	Inicio	Fin	V	T	Δ	Rcal.	Rmin.	Cumple el "R"	Peralte calculado	Peralte mínimo	Cumple el "p"
14	290	291	40	56.7	48.2	126.57	59.58	OK	3.98%	2%	OK



Ubicación : Km. 290+800

Causa de Accidentes : Exceso de velocidad

✓ Tramo de concentración de Accidentes N° 15 (Km. 297+500).

REPLANTEO Y CALCULO DE ELEMENTOS DE CURVA											
DATOS											
$T =$	34.13 m.										
$\Delta =$	10 ° 12 ' 20 " = 10.2 °										
$Vd =$	40 Km/h.										
$p =$	2.83% (calculo topografico)										
$f =$	0.17 (factor recomendado)										
CALCULOS											
$T = R \times \tan \frac{\Delta}{2}$		Despejando "R"									
$R = \frac{T}{\tan \left(\frac{\Delta}{2} \right)}$		Rcalc. = 382.21 m									
$R_{min} = \frac{V^2}{128 \times (p+f)}$		Rmin. = 63.04 m									
RESUMEN											
N° de TCA	Progresiva (Km)		Datos			Elementos geometricos					
	Inicio	Fin	V	T	Δ	Rcal.	Rmin.	Cumple el "R"	Peralte calculado	Peralte mínimo	Cumple el "p"
15	297	298	40	34.1	10.2	382.21	63.04	OK	2.83%	2%	OK



Ubicación : Km. 297+500

Causa de Accidentes : Exceso de velocidad

✓ Tramo de concentración de Accidentes N° 16 (Km. 301+500).

REPLANTEO Y CALCULO DE ELEMENTOS DE CURVA											
DATOS											
T =	67.32	m.									
Δ =	18 °	21 ' 40 "	=	18.4 °							
Vd =	40	Km/h.									
p =	3.89%		(calculo topografico)								
f =	0.17		(factor recomendado)								
CALCULOS											
$T = R \times \tan \frac{\Delta}{2}$		Despejando "R"									
$R = \frac{T}{\tan \left(\frac{\Delta}{2} \right)}$		Rcalc. = 416.54 m									
$R_{\min} = \frac{V^2}{128 \times (p+f)}$		Rmin. = 59.84 m									
RESUMEN											
N° de TCA	Progresiva (Km)		Datos			Elementos geometricos					
	Inicio	Fin	V	T	Δ	Rcal.	Rmin.	Cumple el "R"	Peralte calculado	Peralte mínimo	Cumple el "p"
16	300	301	40	67.3	18.4	416.54	59.84	OK	3.89%	2%	OK



Ubicación : Km. 301+500

Causa de Accidentes : Exceso de velocidad

✓ Tramo de concentración de Accidentes N° 17 (Km. 304+200).

REPLANTEO Y CALCULO DE ELEMENTOS DE CURVA											
DATOS											
$T =$	87.34 m.										
$\Delta =$	37 ° 30 ' 43 " = 37.5 °										
$Vd =$	40 Km/h.										
$p =$	4.50% (calculo topografico)										
$f =$	0.17 (factor recomendado)										
CALCULOS											
$T = R \times \tan \frac{\Delta}{2}$		Despejando "R"									
$R = \frac{T}{\tan \left(\frac{\Delta}{2} \right)}$		Rcalc. = 257.21 m									
$R_{min} = \frac{V^2}{128 \times (p+f)}$		Rmin. = 58.14 m									
RESUMEN											
N° de TCA	Progresiva (Km)		Datos			Elementos geometricos					
	Inicio	Fin	V	T	Δ	Rcal.	Rmin.	Cumple el "R"	Peralte calculado	Peralte mínimo	Cumple el "p"
17	304	305	40	87.3	37.5	257.21	58.14	OK	4.50%	2%	OK



Ubicación : Km. 304+200

Causa de Accidentes : Exceso de velocidad

✓ Tramo de concentración de Accidentes N° 18 (Km. 308+000).

REPLANTEO Y CALCULO DE ELEMENTOS DE CURVA											
DATOS											
$T =$	39.43	m.									
$\Delta =$	46 °	14 ' 19 "	= 46.2 °								
$Vd =$	40	Km/h.									
$p =$	3.20%	(calculo topografico)									
$f =$	0.17	(factor recomendado)									
CALCULOS											
$T = R \times \tan \frac{\Delta}{2}$		Despejando "R"									
$R = \frac{T}{\tan \left(\frac{\Delta}{2}\right)}$		Rcalc. = 92.36 m									
$R_{min} = \frac{V^2}{128 \times (p + f)}$		Rmin. = 61.88 m									
RESUMEN											
N° de TCA	Progresiva (Km)		Datos			Elementos geometricos					
	Inicio	Fin	V	T	Δ	Rcal.	Rmin.	Cumple el "R"	Peralte calculado	Peralte mínimo	Cumple el "p"
18	307	308	40	39.4	46.2	92.36	61.88	OK	3.20%	2%	OK



Ubicación : Km. 308+000

Causa de Accidentes : Exceso de velocidad

CAPITULO IV

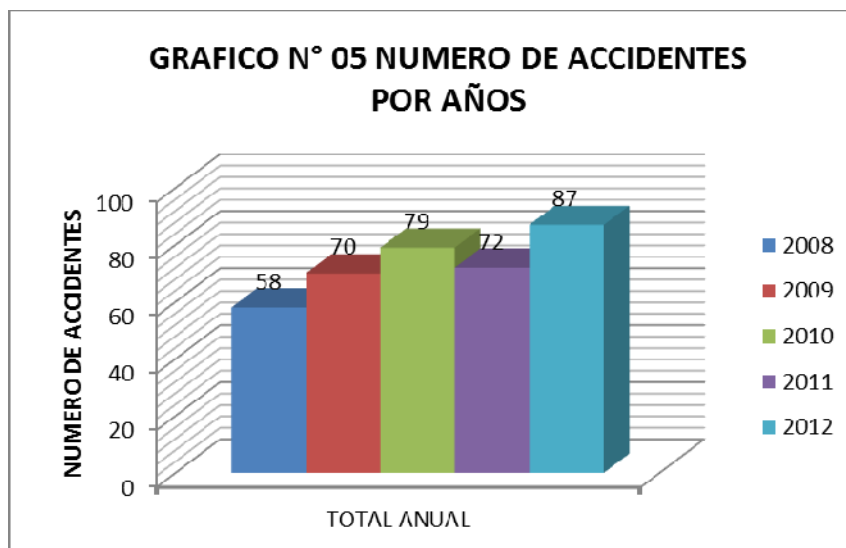
ANALISIS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION Y

CONTRASTACION DE HIPOTESIS

4.1 GENERALIDADES.

Definido ya los tramos de concentración de accidentes en nuestra vía, la propuesta de mitigación obedece a que los accidentes están en incremento, como podemos observar el grafico N° 05, donde el número de accidentes en el año 2008 suma 58 y el año 2012 el número de accidentes se incrementa a 87 con una tasa de crecimiento de 8.45%.

Se suma a ello que en el análisis de correlación se pudo definir una correlación significativa entre el flujo vehicular y los accidentes de tránsito, por lo que urge la mitigación de accidentes con la implementación de Sistemas Inteligentes de Transporte.



Fuente: Elaboración propia

4.2 PROPUESTA DE LA MITIGACION.

Si bien el factor humano se encuentra implicado en más del 90% de los accidentes de tránsito, las acciones tendientes a disminuir el número de accidentes y el número de víctimas no deben encontrarse únicamente en la educación vial o en el endurecimiento de nuestro sistema sancionador. Cuando lo que se persigue es identificar un remedio, y no la culpa o la responsabilidad del accidente, la medida más efectiva puede no estar relacionada con la causa principal del accidente, sino que puede encontrarse en un área o factor diferente (causa secundaria). El que se precise de un remedio para un factor

concreto (el humano) no quiere decir necesariamente que dicho remedio exista, pero cuando se analizan las relaciones con el resto de factores es posible identificar otros remedios alternativos que sí existen y son eficaces.

En gran número de accidentes estudiados, las soluciones se habrían encontrado en actuaciones sobre el vehículo o la propia vía. La mejora de la señalización vertical y horizontal, la fijación de límites específicos de velocidad adecuados a cada tramo, pueden compensar o, incluso, hacer desaparecer el error humano.

En definitiva incluso cuando el error humano ha sido identificado como el único factor, influenciar el comportamiento humano puede resultar más sencillo mediante medidas de ingeniería que mediante medidas de educación, formación, control policial o legislación.

Las auditorías de seguridad vial constituyen una útil herramienta de diagnóstico de los defectos o carencias que presentan las carreteras en relación a la seguridad, permitiendo incluso la predicción de los tramos de concentración de accidentes. Las auditorías, en un principio, se conciben para la evaluación y definición de riesgos potenciales de accidentes y el nivel de seguridad de las carreteras durante las etapas de planeamiento, diseño, construcción y puesta en servicio. Estas auditorías proponen soluciones encaminadas a eliminar o reducir el número de accidentes. También existen las auditorías post-apertura, es decir, una vez que la carretera ya se encuentra en servicio. Estas auditorías deberían generalizarse en Perú para todo tipo de carreteras, nuevas y antiguas, siguiendo el ejemplo del Reino Unido y de Australia con excelentes resultados. El gasto público debe desplazarse al campo de la prevención de accidentes y no estancarse en el campo de la reducción de las consecuencias de los accidentes.

La educación vial también debería comprender el conocimiento del mantenimiento del vehículo. Los conductores deben conocer con detalle qué órganos o elementos del vehículo inciden de forma importante en la seguridad en la conducción: neumáticos, frenos, suspensión, dirección, etc. Un vehículo bien mantenido puede compensar de forma suficiente un error humano y evitar una situación fatal. La educación vial debe entenderse en un sentido amplio y no debe contemplarse únicamente desde la perspectiva de la conducta humana. Todo conductor debería tener bien claro cuál es el plan adecuado de mantenimiento de su vehículo y cumplirlo a rajatabla. A todo ello debería sumarse una reglamentación más exigente en materia de inspección técnica de vehículos.

En definitiva el problema de la inseguridad vial no puede ser únicamente abordado desde la perspectiva de la educación vial de los usuarios de la vía o del endurecimiento de nuestro sistema legal. Ambos aspectos son necesarios y han dado buenos resultados en otros países, pero ello no significa que no se pueda compensar en parte o, en ocasiones, anular por completo el error humano.

Teniendo lo indicado anteriormente se propone la IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA INTELIGENTE DE TRANSPORTE como medida de mitigación; dado que a lo largo de la vía en estudio existe una red de fibra óptica; el mismo reduciría los costos de inversión inicial .

4.2.1 Medida de mitigación

- ✓ La implementación de Sistemas Inteligentes De Transporte en los TCA de la Vía Los Libertadores (sensores de exceso de velocidad, sensores de clima, avisos dinámicos).

4.3 VIA NACIONAL INTELIGENTE “LOS LIBERTADORES”

Con incrementar el número de kilómetros de infraestructuras vial, no se encontraría una solución adecuada a los problemas de transporte en el Perú. El incremento de infraestructuras debe ir acompañado por un planeamiento estratégico de gestión de riesgo en las carreteras por lo menos en las vías nacionales e importantes. Por ello, se plantea dotar a la infraestructura existente de transporte y movilidad de cierta “inteligencia”, intentando vincularla con las TIC. De este vínculo surgió el término Sistemas Inteligentes de Transporte (*Intelligent Transport Systems – ITS*), y las siglas ITS, con las que dicho vínculo se conocen en todo el mundo.

El volumen de actividades que se engloban en las siglas ITS es muy amplio, tal como se deduce de los grupos de trabajo que componen el comité técnico de normalización europeo CEN/TC 278 “Road Transport and Traffic Telematics”. En la presente investigación se abordará solamente el sistema de control de accidentes en los tramos descritos en los capítulos anteriores para la vía “Los Libertadores”. Con este fin se propone implementar un Sistema SCADA “Supervisory Control And Data Acquisition” (Control, Supervisor y Adquisición de Datos). Los sistemas SCADA utilizan la computadora y tecnologías de comunicación para automatizar el monitoreo y control de accidentes de tránsito. Estos sistemas son partes integrales de la mayoría de los ambientes automáticos complejos o muy geográficamente dispersos, ya que pueden recoger la información de una gran cantidad de fuentes muy rápidamente, y la presentan a un operador en una forma amigable. Los sistemas SCADA mejoran la eficacia del proceso de monitoreo y control proporcionando la información oportuna para poder tomar decisiones operacionales apropiadas.

4.3.1 Sistemas SCADA

SCADA (supervisory control and data acquisition) es un sistema industrial de mediciones y control que consiste en una computadora principal o “master” (generalmente llamada Estación Maestra, “Master Terminal Unit” o MTU); una o más unidades control obteniendo datos de campo (generalmente llamadas estaciones remotas, “Remote Terminal Units,” o RTU); y una colección de software estándar y/o a la medida usado para monitorear y controlar remotamente dispositivos de campo. Los sistemas SCADA contemporáneos exhiben predominantemente características de control a lazo abierto y utilizan comunicaciones generalmente interurbanas, aunque algunos elementos de control a lazo cerrado y/o de comunicaciones de corta distancia pueden también estar presentes.

Sistemas similares a un sistema SCADA son vistos rutinariamente en fábricas, plantas de tratamiento, etc. Éstos son llamados a menudo como Sistemas de Control Distribuidos (DCS – “Distributed Control Systems”.) Tienen funciones similares a los sistemas SCADA, pero las unidades de colección o de control de datos de campo

se establecen generalmente dentro de un área confinada. Las comunicaciones pueden ser vía una red de área local (LAN), y serán normalmente confiables y de alta velocidad. Un sistema DCS emplea generalmente cantidades significativas de control a lazo cerrado.

Un sistema SCADA por otra parte, generalmente cubre áreas geográficas más grandes, y normalmente depende de una variedad de sistemas de comunicación menos confiables que una LAN. El control a lazo cerrado en esta situación será menos deseable. Un sistema SCADA se utiliza para vigilar y controlar la planta industrial o el equipamiento. El control puede ser automático, o iniciado por comandos de operador. La adquisición de datos es lograda en primer lugar por las RTU que exploran las entradas de información de campo conectadas con ellos (pueden también ser usados PLC – “Programmable Logic Controllers”).

Figura 05: SISTEMA SCADA PROPUESTO "Supervisory Control And Data Acquisition" (Control, Supervisor y Adquisición de Datos)



4.3.1.1 Unidades Maestras (Master Terminal Units)

La parte más visible de un sistema SCADA es la estación central o MTU. Éste es el "centro neurálgico" del sistema, y es el componente del cual el personal de operaciones se valdrá para ver la mayoría de la planta. Una MTU a veces se llama HMI –“Human Machine Interfase”, interfaz ser humano - máquina.

Características de las unidades maestras

Todas las MTU de SCADA deben presentar una serie de características, algunas de estas son las siguientes:

-Adquisición de datos

Recolección de datos de las unidades terminales remotas (RTU)

-Gráficos de tendencia

Salvar los datos en una base de datos, y ponerlos a disposición de los operadores en forma de gráficos.

-Procesamiento de Alarmas

Analizar los datos recogidos de las RTU para ver si han ocurrido condiciones anormales, y alertar a personal de operaciones sobre las mismas

-Control

Control a Lazo Cerrado, e iniciados por operador.

-Visualizaciones

Gráficos del equipamiento actualizado para reflejar datos del campo.

-Informes

La mayoría de los sistemas SCADA tienen un ordenador dedicado a la producción de reportes conectado en red (LAN o similar) con el principal.

-Mantenimiento del Sistema Mirror

Se debe mantener un sistema idéntico con la capacidad segura de asumir el control inmediatamente si la principal falla.

-Interfaces con otros sistemas

Transferencia de datos hacia y desde otros sistemas corporativos para, por ejemplo, el procesamiento de órdenes de trabajo, de compra, la actualización de bases de datos, etc.

-Seguridad

Control de acceso a los distintos componentes del sistema.

-Administración de la red

Monitoreo de la red de comunicaciones.

-Administración de la Base de datos

Agregar nuevas estaciones, puntos, gráficos, puntos de cambio de alarmas, y en general, reconfigurar el sistema.

-Aplicaciones especiales

Casi todos los sistemas SCADA tendrán cierto software de aplicación especial, asociado generalmente al monitoreo y al control de la planta específica en la cual se está utilizando.

Recordemos que las necesidades de las diferentes industrias pueden ser muy variadas.

-Sistemas expertos, sistemas de modelado

Los más avanzados pueden incluir sistemas expertos incorporados, o capacidad de modelado de datos.

Hardware y Software

Las MTU de sistemas SCADA se pueden implementar en la mayoría de las plataformas existentes. Los primeros sistemas existentes tendieron a ser propietarios y muy especializados, y donde fueron utilizados sistemas operativos de fines generales, tendieron a ser modificados ampliamente. Esto debido a que los requisitos de SCADA superaban los límites de la tecnología disponible en el momento y por razones de desempeño ya que tendieron a proporcionar sistemas gráficos por encargo, a usar bases de datos en tiempo real (con gran parte de la base de datos en memoria), y a menudo el hardware debió ser modificado para estos requisitos particulares. La serie Digital Equipment Corporation PDP11 y el sistema operativo RSX11M eran quizás la plataforma más común en los SCADA del siglo pasado. Posteriormente, Unix comenzó a ser el sistema operativo de más frecuente elección. Mientras la potencia de la PC aumentaba, los sistemas Intel llegaron a ser muy comunes, aunque las plataformas DEC Alfa, y otras estaciones de trabajo de fines elevados estén aún en uso. En épocas recientes Windows NT ha alcanzado alta aceptación dentro de la comunidad SCADA, aunque los sistemas muy grandes siguen siendo en la mayor parte de los casos estaciones de trabajo Unix (QNX o Solaris), las cuales son más veloces en sus respuestas.

Actualmente la industria se está desarrollando claramente hacia estándares abiertos: ODBC, INTEL PC, sistemas estándares de gráficos, e interconectividad a sistemas de computación corrientes. En años recientes ha aparecido en el mercado un importante número de sistemas SCADA sobre plataformas INTEL PC, ya que éstas están aumentando rápidamente su capacidad y desempeño. Ejemplos de ellos son Citect, FIX de Intellution, KEPware y Wonderware.

Los sistemas SCADA están constituidos por el Hardware, que generalmente es una red de controladores y estaciones remotas de adquisición de datos. El corazón de un sistema SCADA está en el "Software SCADA", que es el encargado de supervisar y controlar el Proceso a través del Hardware de control, generalmente el software SCADA trabaja conjuntamente con un PLC o una red de PLC. Este software permite supervisar el proceso desde un microcomputador, así como realizar las acciones de control a través del PLC, controlador o sistema de control. En el mercado existen varios programas que realizan esta función.

Tan importante como el 'Hardware' es el 'Software' especializado para el control y la supervisión de procesos. Los niveles de 'software' podrían ser escalonados en: (1) 'Software' de manejo a nivel de registros para las interfaces, (2) programas de usuario en lenguajes de alto nivel, utilizando rutinas suministradas por los fabricantes de 'hardware', (3) Sistemas de desarrollo y generadores de código fuente dedicados a la adquisición y procesamiento de data así como el control y supervisión de procesos tal como LabVIEW antes mencionado, (4) 'Paquetes' de control y supervisión de procesos, que permiten administrar el 'hardware' de control de procesos basados en controladores lógicos programables (PLC), supervisar los procesos y administrar redes de microcomputadores y de controladores lógicos programables.

La mayoría de Software de alta performance para la Automatización Industrial se ejecuta bajo Microsoft Windows NT, 98 y 2000. Deben proveer una interfaz gráfica para su proceso, ya sea como Interfaz Humano Máquina (HMI: "Human Machine Interface"), o como un sistema de Supervisión, Control y Adquisición de Datos (SCADA).

Adquisición de Datos

La función de adquisición de datos de un sistema SCADA es obviamente una función preponderante. Hay un número de características asociadas a la adquisición de datos.

Para utilizar esta técnica, el protocolo de comunicación debe tener la capacidad de proporcionar las direcciones de destino del mensaje, y de la fuente del mismo. Este sistema también implica que dos RTU pueden transmitir simultáneamente, interfiriendo uno con otro. Un sistema SCADA normalmente repetirá la transmisión si no recibe un acuse de recibo dentro de cierto tiempo. Si interfieren dos RTU transmitiendo simultáneamente, y, luego si ambos poseen el mismo tiempo de reenvío, interferirán otra vez. Por esta razón, el acercamiento típico es repetir el envío después de un período aleatoriamente seleccionado. El uso de timeouts al azar puede no ser suficiente cuando por ejemplo ha habido un apagón extenso. Incluso con recomprobaciones al azar, puede haber tanto tráfico que la RTU todavía no podrá conseguir realizar la transmisión. Por esta razón una mejora que es deseable es que después de 5 intentos, el período de recomprobación se fije en por ejemplo 1 minuto.

Graficación de tendencias

El recurso de graficación de tendencias es una función base incluida en cada sistema SCADA. La computadora se puede utilizar para resumir y exhibir los datos que está procesando. Las tendencias (gráficos) de valores analógicos sobre el tiempo son muy comunes. Recoger los datos y resumirlos en informes para los operadores y gerencia son características normales de un sistema SCADA.

Procesamiento de alarmas

La característica del procesamiento de alarmas se ha asociado siempre a las funciones de las áreas de control de la planta. La computadora procesa todos los datos como vienen del campo, y considera si la variable ha entrado en alarma. Para los valores digitales, uno de los estados (0 o 1) se puede señalar como estado de alarma. Para valores analógicos es normal que se definan límites de alarmas tal que si el valor cae fuera de estos límites, considerarlo como en alarma. Las alarmas se clasifican

normalmente en varios niveles de prioridad, con la prioridad más alta siendo a menudo reservada para las alarmas de seguridad. Esto permite que el operador seleccione una lista de las alarmas más importantes. Cuando un punto entra en alarma, debe ser validada por el operador. Un código es asociado a veces por el operador en ese momento para explicar la razón de la alarma.

Comunicaciones

La característica distintiva de los sistemas SCADA es su capacidad de comunicación. Como ya se ha dicho, comparado a los DCS ("Distributed Control Systems" - sistemas de control distribuido) considerados a menudo dentro de una planta o de una fábrica, un sistema SCADA cubre generalmente áreas geográficas más grandes, y utiliza muchos medios de comunicaciones diversos (y a menudo relativamente no fiables). Un aspecto importante de la tecnología de SCADA es la capacidad de garantizar confiablemente la salida de datos al usar estos medios. Los sistemas SCADA utilizaron inicialmente enlaces de comunicación lentos. Cálculos cuidadosos debieron ser hechos para evaluar los volúmenes de datos probables esperados, y asegurar que la red de comunicaciones fuera capaz de resolver las demandas. Todo lo relacionado a las redes de comunicación se ha desarrollado más arriba.

4.3.1.2 Terminales Remotas (Remote Terminal Units)

Las unidades terminales remotas consisten en una pequeña y robusta computadora que almacenaba datos y los transmite a la terminal maestra para que esta controle los instrumentos. Es una unidad standalone (independiente) de adquisición y control de datos. Su función es controlar el equipamiento de proceso en el sitio remoto, adquirir datos del mismo, y transferirlos al sistema central SCADA. La gama de Unidades Terminales Remotas ofrece una solución universal para el control de instalaciones técnicas de todo tipo.

Hay dos tipos básicos de RTU- "single boards" (de un solo módulo), compactos, que contienen todas las entradas de datos en una sola tarjeta, y "modulares" que tienen un módulo CPU separado, y pueden tener otros módulos agregados, normalmente enchufándolos en una placa común (similar a una PC con una placa madre donde se montan procesador y periféricos). Una RTU "single board" tiene normalmente I/O fijas, por ejemplo, 16 entradas de información digitales, 8 salidas digitales, 8 entradas de información analógicas, y 4 salidas analógicas. No es normalmente posible ampliar su capacidad.

Un RTU modular se diseña para ser ampliado agregando módulos adicionales. Los módulos típicos pueden ser un módulo de 8 entradas análogas, un módulo de 8 salidas digitales.

En la actualidad gracias a la modularidad funcional y material, las unidades remotas pueden ser utilizadas tanto para satisfacer necesidades de transmisión de alarmas como para la supervisión completa de una compleja instalación de telegestión, en forma autónoma o acoplada a módulos de expansión.

El mercado propone varios modelos para responder de la manera más óptima posible a los diferentes casos de aplicación, desde un punto de vista técnico y económico.

La mayoría de terminales incluyen un software embarcado que integra potentes recursos de comunicación y supervisión, sin necesidad de programación específica claro que se tiene que tomar un cuenta que este software es específico de cada

compañía y no son compatibles entre sí. Para minimizar el problema de compatibilidad las compañías están realizando sus programas bajo estándares para poder vender sus productos con mayor facilidad.

La mayor parte de las RTU tienen como características principales:

- Comunicaciones a través de la red telefónica fija y móvil, radio enlaces, líneas dedicadas, bus de campo.
- Adquisición y mando (señales digitales y analógicas, conteos).
- Capacidad: entre 280 y 700 variables (según las aplicaciones).
- Procesamientos y automatismos parametrables.
- Almacenamiento de datos a largo plazo (alarmas, medidas, conteos, informes).
- Alerta hacia estaciones maestras, buscapersonas y teléfonos móviles.
- Módulos especializados (automatización y gestión de las estaciones de elevación).
- Enlaces entre instalaciones (entre remota y remota, entre remotas y módulos).
- Compatibilidad con otros productos (autómatas programables, analizadores, controladores, medidores, ordenadores de supervisión.)

Funcionalidad del Software

Todos las RTU requieren la siguiente funcionalidad. En muchas RTU éstas se pueden mezclar y no necesariamente ser identificables como módulos separados.

- Sistema operativo en tiempo real.
- “Driver” para el sistema de comunicaciones, es decir la conexión con la MTU.
- “Drivers” de dispositivo para el sistema de entrada-salida a los dispositivos de campo
- Aplicación SCADA para exploración de entradas de información, procesamiento y el grabado de datos, respondiendo a las peticiones de la unidad maestra sobre la red de comunicaciones.
- Algún método para permitir que las aplicaciones de usuario sean configuradas en la RTU. Ésta puede ser una simple configuración de parámetros, habilitando o deshabilitando entradas-salidas específicas que invalidan o puede representar un ambiente de programación completo para el usuario.
- Diagnóstico.
- Algunas RTU pueden tener un sistema de archivos con soporte para descarga de archivo, tanto programas de usuario como archivos de configuración.

4.3.2 Sistema de gestión de accidentes en la Vía “Los Libertadores”

Junto con el rápido incremento en la cantidad de accidentes, la seguridad ha pasado a constituir un desafío cada vez más importante. Las condiciones meteorológicas extremas son una de las principales causas de accidentes en las carreteras. La presencia de neblina, nieve y hielo en las vías nacionales del Perú provoca importantes trastornos en el tráfico, así como un incremento del número de accidentes. La poca *visibilidad* en las vías nacionales ocasiona que decenas de vehículos, circulen pegados entre sí. Asimismo, el tráfico en las carreteras se ve afectado con frecuencia por fenómenos relacionados con las tormentas y las aluviones, y también por amenazas geológicas asociadas a la lluvia, como por ejemplo las corrientes de barro que transportan bolonerías de piedras. Las carreteras del sur del Perú suelen verse afectadas a menudo por fenómenos meteorológicos adversos, como por ejemplo nieblas densas, nieve, vientos extremos, y tormentas con precipitaciones

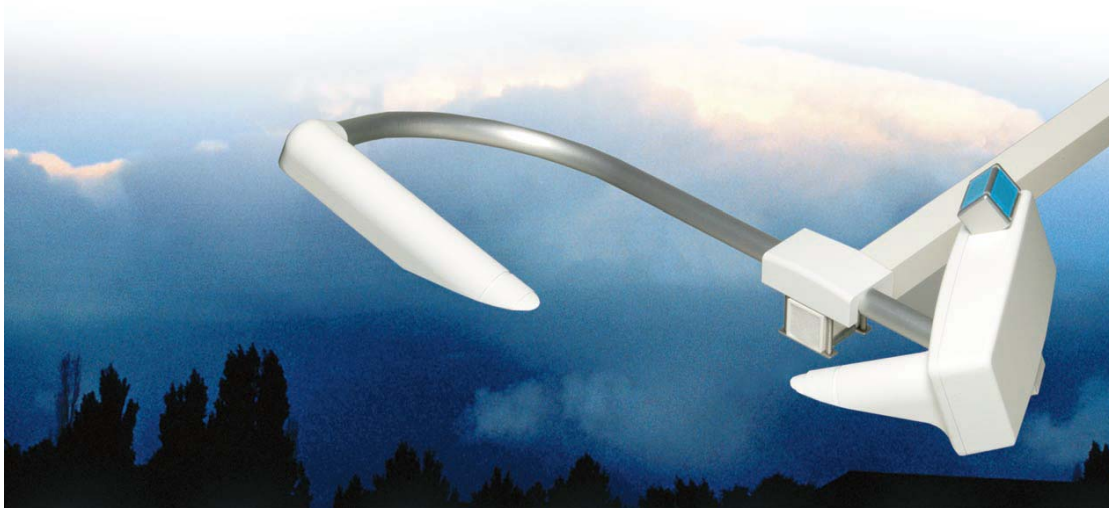
fuertes que ocasionan daños materiales, y daños personales poniendo en peligro la integridad física de los usuarios de la vía.

4.3.2.1 Instrumentación de sensores

Sensores de neblina o visibilidad

Se debe instalar sensores de visibilidad en los tramos donde se produce este fenómeno en la Vía “Los Libertadores”, por ejemplo tenemos los sensores de la serie PWD de Vaisala, que emplean el principio demostrado de medición por dispersión frontal para medir el rango óptico meteorológico (MOR) El sensor de visibilidad dispone de una buena protección contra la contaminación: los componentes ópticos apuntan hacia atrás y las cubiertas protegen las lentes de las precipitaciones, espuma y polvo. Este diseño impermeable de los sensores PWD proporciona unos resultados de medición muy precisos y reduce la necesidad de mantenimiento. Se recomiendan los calentadores opcionales de las cubiertas en condiciones invernales para evitar la acumulación de nieve y hielo.

Figura 06: Detector de Clima Actual PWD12 y PWD22 de Vaisala.



El Detector de Clima Actual PWD12 de Vaisala permite una medición precisa de la visibilidad y del clima actual en entornos de carreteras, en los que la baja visibilidad es un riesgo importante para la seguridad y reduce la fluidez del tráfico. Con una gama de medición de visibilidad de 10 a 2,000 metros, el Detector de Clima Actual PWD12 de Vaisala es ideal para aplicaciones meteorológicas en carretera. El PWD12 también indica la causa de la visibilidad reducida para ofrecerle una representación completa de las condiciones meteorológicas. Su capacidad para detectar precipitaciones e identificar el tipo de éstas proporciona a las autoridades del tráfico y la circulación una valiosa información para la planificación a corto plazo de las operaciones de mantenimiento de las carreteras.

Figura 07: Sensor de visibilidad en carreteras.



MODELO	PARAMETRO	RANGO	Y IDENTIFICA
PWD-10	Visibilidad	10-2000 m	Alcance Visual
PWD-12	Visibilidad	10-2000 m Precisión: ± 10%	Alcance Visual
	Precipitación y Tiempo Presente	Sensibilidad: 0,05 mm/h en 10 minutos	<ul style="list-style-type: none"> • 4 diferentes tipos de Precipitación: <ul style="list-style-type: none"> - Lluvia - Llovizna - Agua-nieve - Nieve • Niebla • Neblina • Calina (humo-arena) • Despejado
PWD-22	Visibilidad	10-20.000 m Precisión: ± 10% (10-10.000m) ± 15% (10-20 Km)	Alcance Visual
	Precipitación y Tiempo Presente	Sensibilidad: 0,05 mm/h en 10 minutos	<ul style="list-style-type: none"> • 7 diferentes tipos de Precipitación: <ul style="list-style-type: none"> - Lluvia - Lluvia congelada - Llovizna - Llovizna congelada - Agua-nieve - Nieve - Pellas de hielo

Sensores de velocidad

Son dispositivos empleados para convertir una magnitud física o química en una señal generalmente eléctrica, que puede de esta forma ser fácilmente procesada, almacenada o transmitida. Son por tanto elementos transductores al transformar una magnitud en otra diferente, en este caso eléctrica.

La señal eléctrica proporcionada a la salida del sensor puede ser una tensión una corriente o una variación en la resistencia o capacidad del sensor (en cuyo caso se suele hablar de sensores resistivos y capacitivos, respectivamente).

Se entiende por el término micro sensores a sensores miniaturizados, frecuentemente fabricados en tecnologías estándar de circuitos integrados (o bien en versiones ligeramente modificadas de estas tecnologías). El circuito integrado resultante puede contener tan sólo estos sensores, o bien puede incluir junto con éstos los circuitos electrónicos asociados para el procesamiento de la señal generada por el sensor.

El micro sensor puede ser un dispositivo semiconductor (transistor, diodo, etc.), o bien una estructura mecánica en miniatura (micropuentes, espiras, diafragmas, membranas, etc.) obtenida por técnicas de Micromecanizado (micromachining).

Estos sistemas pueden integrar en un mismo chip los sensores, y la electrónica de procesamiento necesaria, por lo que se suelen denominar sistemas Micro-Electro-Mecanizados "MEMS" ó "smart sensors" sensores inteligentes.

A la hora de evaluar los sensores, se debe exigir una serie de características, que se pasan ahora a enumerar y comentar:

- **Precisión.** Una medida será más precisa que otra si los posibles errores aleatorios en la medición son menores. Se debe procurar la máxima precisión posible.
- **Rango de funcionamiento.** El sensor debe tener un rango de funcionamiento adecuado, es decir, debe ser capaz de medir de manera exacta y precisa un determinado abanico de valores de la magnitud correspondiente.
- **Velocidad de respuesta.** El sensor debe responder a los cambios de la variable a medir en un tiempo mínimo. Lo ideal sería que la respuesta fuera instantánea.
- **Calibración.** Es el proceso mediante el que se establece la relación entre la variable medida y la señal de salida que produce el sensor. La calibración debe poder realizarse de manera sencilla y además el sensor no debe precisar una recalibración frecuente.
- **Fiabilidad.** El sensor debe ser fiable, es decir, no debe estar sujeto a fallos inesperados durante su funcionamiento.
- **Costo.** El costo para comprar, instalar y manejar el sensor debe ser lo más bajo posible.
- **Facilidad de funcionamiento.** sería ideal que la instalación del sensor no necesitara de un aprendizaje excesivo.
- **Linealidad.** La característica entrada/salida es lineal. Normalmente se evalúa la separación máxima de la línea recta.
- **Histéresis.** La salida del sensor para una determinada entrada varía dependiendo de que entrada esté aumentando o disminuyendo.
- **Repetitividad.** Es la variabilidad de la salida ante la misma entrada.

- **Resolución.** Es el cambio más pequeño en la entrada que puede ser detectable a la salida.
- **Sensibilidad.** Un pequeño cambio en la entrada causa un pequeño cambio en la salida. Normalmente se cuantifica por la relación entre el cambio en la salida dividido por el cambio en la entrada.
- **Ruido.** Es el nivel de señal espuria en la salida que no corresponde a un cambio en la entrada.
- **Offset.** Es el valor de salida del sensor cuando la magnitud medida es cero.
- **Diferencia de fase.** Si se considera que el fenómeno a medir sufre una variación de tipo armónico, los transductores reproducen dicho fenómeno físico con un cierto retraso.

4.4 REDUCCION DE ACCIDENTES DE TRANSITO PROYECTADA CON LA IMPLEMENTACION DE LAS SIT.

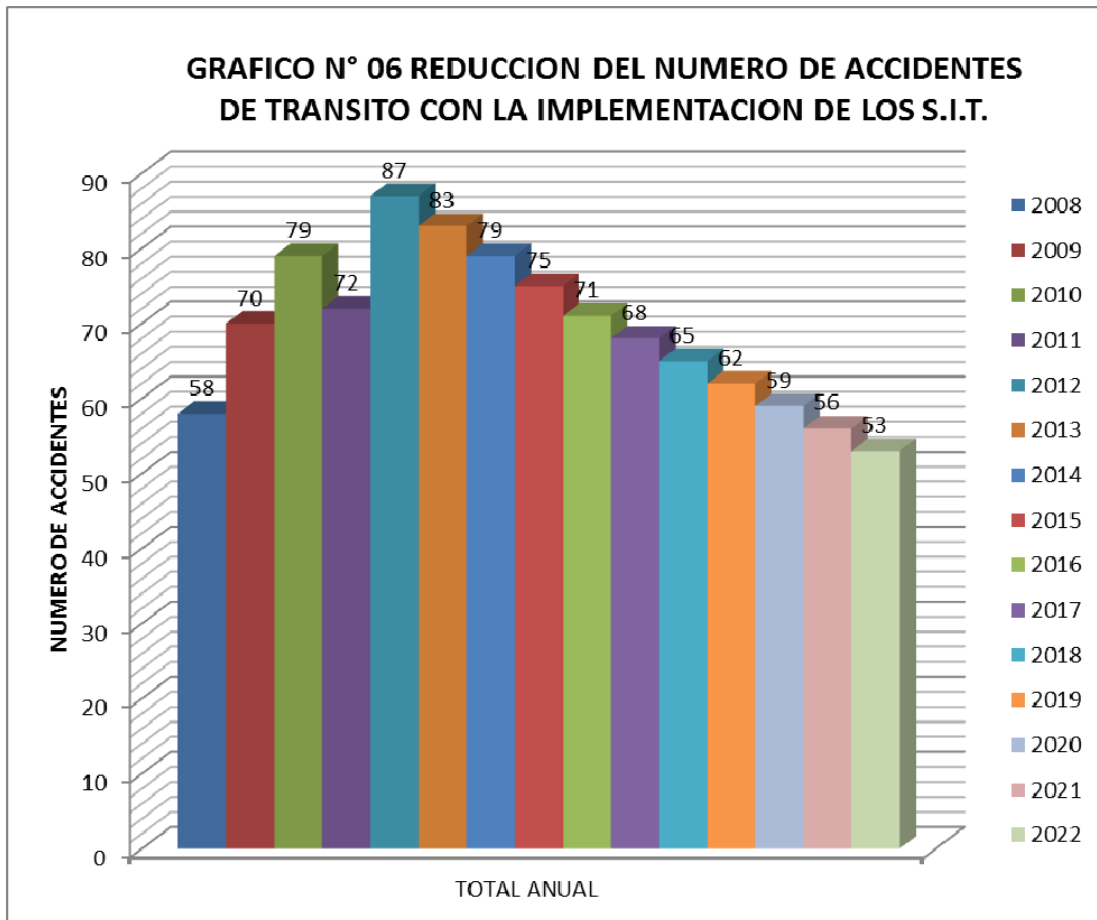
En países como España con la Implementación de Sistemas Inteligentes de Transporte la accidentabilidad se redujo en 11.6% dado que en el 2003 la accidentabilidad fue 58.7% y en el año 2009 es de 47.10% a razón de una tasa de crecimiento negativa (-4.74%)

Con la implementación de los Sistemas Inteligentes de Transporte en la Vía Los Libertadores tomando como modelo la tasa negativa de (-4.74%) en un horizonte de evaluación de 10 años se determinó que en el año 10 el número de accidentes se reduce en un 60.92% tal como se muestra en el cuadro y gráfico siguientes.

Cuadro N° 12 Cuadro de Reducción de accidentes de tránsito en un horizonte de evaluación de 10 años

Descripción	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Evolución de los accidentes de tránsito en la Vía Los Libertadores	87	83	79	75	71	68	65	62	59	56	53

Fuente: Elaboración Propia



4.5 PRUEBA DE HIPOTESIS.

Hipótesis Nula (Ho): Si se analiza y evalúa el impacto de la implementación de un sistema inteligente en los tramos de concentración de accidentes de tránsito, describiendo sus causas, entonces no se reducirá el número de accidentes

Hipótesis Alternativa (H1): Si se analiza y evalúa el impacto de la implementación de un sistema inteligente en los tramos de concentración de accidentes de tránsito, describiendo sus causas, entonces se reducirá el número de accidentes.

Realizado la prueba de contrastación de hipótesis se probó que la hipótesis planteada en la presente tesis se cumple

En la muestra analizada de 18 Tramos de Concentración de Accidentes en el presente trabajo de investigación, deseamos probar si existe una diferencia significativa entre el Número de Accidentes, cuando la carretera está sin Sistema Inteligente de Transporte y el Número de Accidentes, cuando la carretera cuenta con un Sistema Inteligente de Transporte, para lo cual primeramente verificaremos el supuesto de normalidad que deben cumplir ambas poblaciones:

Cuadro N° 12 Cuadro de Datos de Accidentes

	N° Accidentes Sin SIT	N° Accidentes con SIT
TCA 1	3	1
TCA2	2	1
TCA 3	5	2
TCA 4	6	2
TCA 5	5	2
TCA 6	3	1
TCA 7	2	1
TCA 8	4	2
TCA 9	2	1
TCA 10	2	1
TCA 11	6	3
TCA 12	3	1
TCA 13	2	1
TCA 14	7	3
TCA 15	4	2
TCA 16	6	3
TCA 17	4	2
TCA 18	3	1

Cuadro N° 13 Resumen del procesamiento de los casos

	Casos					
	Válidos		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
SIN ITS	18	100,0%	0	0,0%	18	100,0%
CON ITS	18	100,0%	0	0,0%	18	100,0%

Cuadro N° 14 Cuadro descriptivo de datos estadísticos

		Estadístico	Error típ.	
SIN ITS	Media	3,8333	,38982	
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior Límite superior	3,0109 4,6558	
	Media recortada al 5%	3,7593		
	Mediana	3,5000		
	Varianza	2,735		
	Desv. típ.	1,65387		
	Mínimo	2,00		
	Máximo	7,00		
	Rango	5,00		
	Amplitud intercuartil	3,25		
	Asimetría	,473	,536	
	Curtosis	-1,049	1,038	
	CON ITS	Media	1,6667	,18078
		Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior Límite superior	1,2853 2,0481
Media recortada al 5%		1,6296		
Mediana		1,5000		
Varianza		,588		
Desv. típ.		,76696		
Mínimo		1,00		
Máximo		3,00		
Rango		2,00		
Amplitud intercuartil		1,00		
Asimetría		,685	,536	
Curtosis		-,867	1,038	

Cuadro N° 15 Pruebas De Normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Velocidad de Desplazamiento en Afirmado	0.193	18	0.165	0.964	18	0.014
Velocidad de Desplazamiento en tratamiento Slurry Seal	0.308	18	0.070	0.968	18	0.096

a. Corrección de la significación de Lilliefors
 FUENTE: Elaboración Propia

En ambas poblaciones el tamaño de muestra son menores a 50, para lo cual utilizaremos la prueba de normalidad de Shapiro - Wilk con Corrección de la significación de Lilliefors, se observa en la tabla anterior que el p – valor en ambas poblaciones exceden 0.05, entonces se concluye que ambas muestras provienen de una población, con distribución normal.

Luego nuestra hipótesis:

H0: $\mu_1 - \mu_2 = 0$, las medias de ambas poblaciones no difieren

H1: $\mu_1 - \mu_2 < 0$, la media de la población 2 (CON SIT) es mayor de la media de la población 1 (SIN SIT)

Cuadro N° 16 Estadísticos De Muestras Relacionadas

	Media	N	Desviación Típica.	Error Típico de la Media
Par 1 Accidentes de Tránsito Sin SIT (1)	3.8333	18	1.65387	0.38982
Accidentes de Tránsito Con SIT (2)	1.6667	18	0.76696	0.18078

FUENTE: Elaboración Propia

Cuadro N° 17 Correlaciones De Muestras Relacionadas

	N	Correlación	Sig.
Par 1 Accidentes de Tránsito Sin SIT y Accidentes de Tránsito Con SIT	18	0.927	0.000

FUENTE: Elaboración Propia

Cuadro N° 18 Prueba T, De Muestras Relacionadas

	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación típica	Error típico de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par 1 Accidentes de Tránsito Sin SIT Accidentes de Tránsito Con SIT	2.16667	0.98518	0.23221	1.67675	2.65659	-20.777	17	0.000

FUENTE: Elaboración Propia

Decisión: Como el p – valor es menor a 0.05 (nivel de significancia), se rechaza la hipótesis nula H0, y se acepta la H1 y se concluye que efectivamente el Número de Accidentes se reduce con la Implementación de los Sistemas Inteligentes de Transporte

4.6 APORTE DE LA INVESTIGACION.

La presente investigación puede ser utilizada como piloto para el desarrollo de la arquitectura y plan de sistemas inteligentes de transporte en el Perú que actualmente está siendo desarrollado por el Ministerio de Transportes y comunicación reduciendo de esta manera en un horizonte de evaluación de 10 años en un 60.92% el número de accidentes de tránsito y por ende también se reducen los costos sociales.

CONCLUSIONES.

- Con la Implementación de un Sistemas Inteligentes de Transportes en la Vía Los Libertadores, utilizando una tasa de crecimiento negativa de -4.74% obtenida comparado con las experiencias obtenidas en España; haciendo una evaluación en un horizonte de evaluación de 10 años el número de accidentes de tránsito en los Tramos de Concentración de Accidentes se reduce en un 60.92% disminuyendo de esta manera los costos sociales de \$.8'974,358.97 a \$.3'507,179.49.
- Se identificó 18 Tramos de Concentración de Accidentes (TCA), mediante la metodología del Control de Calidad de la Tasa, siendo la más viable, ya que el cálculo se basa en el control de calidad de los análisis estadísticos para determinar la tasa de accidentes de un lugar en particular
- Se identificó 13 tramos de concentración de accidentes mediante la metodología de número de accidentes, tasa de accidentes y numero – tasa, en los que considera Tramos de Concentración de Accidentes, aquellos sub tramos donde se producen 3 a más accidentes, que en particular no son las más viables
- En el método del Índice de peligrosidad se concluye que el método no utiliza un procedimiento adecuado para la identificación de TCA, ya que no tiene en cuenta la distribución de los accidentes en la vía y solo contempla aquellos accidentes que registran víctimas mortales
- Se Determinó que los elementos geométricos de las curvas en los Tramos de Concentración de Accidentes cumplen con la normativa vigente, por lo tanto las principales causas de los accidentes tránsito en los TCA son el exceso de velocidad seguido de los factores climáticos como son presencia de nieve y neblina.
- Con la implementación de los Sistemas Inteligentes de Transportes en la Vía Los Libertadores Utilizando el Sistema SCADA utilizando sensores de velocidad y de clima los mismos que generan señales informativas y restrictivas en paneles dinámicos ubicados en las unidades de peajes y un kilómetro antes de los Tramos de Concentración de Accidentes identificados en el presente trabajo de investigación se mejorara la seguridad Vial.

RECOMENDACIONES.

- La presente investigación puede ser utilizada como piloto para el desarrollo de la arquitectura y plan de sistemas inteligentes de transporte en el Perú que actualmente está siendo desarrollado por el Ministerio de Transportes y comunicación reduciendo de esta manera en un horizonte de evaluación de 10 años en un 60.92% el número de accidentes de tránsito en los Tramos de Concentración de Accidentes identificados en la presente investigación.
- El Ministerio de Transportes y Comunicaciones debería implementar metodologías de cálculo de Tramos de Concentración de Accidentes, el mismo que deberán ser validadas en el País.

BIBLIOGRAFIA

1. Berardo, María Graciela.¹ 2005.² “Identificación de Tramos con Concentración de accidentes en Rutas Nacionales de la Provincias de Córdoba”³ Argentina⁵ Editorial Mediterraneo⁶PP⁷22
2. Berardo, María Graciela.¹ 2003.² “límites de aplicación de métodos para identificación de tramos de concentración de accidentes provincias de Córdoba”³. Argentina⁵ Editorial Mediterraneo⁶PP⁷33
3. Castro Medina, Ana. Alvarado Martínez, Israel; Carrillo Curier, Francisco.¹ 1998²“Accidentes de tránsito terrestres: estudio sobre el peritaje.”³. México⁴. Editorial Porrúa⁶. PP⁷179
4. Chávez Loaiza, Víctor.¹ 2005.² “Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas”³. Lima. Perú⁴ Instituto de Construcción y Gerencia.⁶ PP⁷138
5. Dirección de Prevención de Accidentes de Tránsito. Ministerio de Gobierno.¹ 1999.² Provincia de Córdoba Ley Provincial de Tránsito N°8560. Anexo C (art.72) Método de Análisis de Accidentes de Tránsito. Decreto 1993/99³.Argentina⁴ PP⁷179
6. Chia Ramírez, Luis.¹ 2010.² “Accidentes de Tránsito en el Perú ¿Casualidad o Causalidad?”³. Peru⁴. MTC⁶. PP⁷152
7. Chihuán Saúñe, Carlos.¹ 2011.² “Accidentes de Tránsito II. PNP”³. PP⁷52
8. Gold Philip, Anthony.¹ 1998.²“Seguridad de Tránsito”. Banco Interamericano de Desarrollo³. PP⁷210
9. Hines William. W.¹ Montgomery Douglas C. 1998² “Probabilidad y Estadística para Ingeniería”³ México.⁴Compañía Editorial Continental S.A de C.V.⁶ PP⁷371
10. MEJÍA MAYA.¹ 1999² Técnicas para leer, estudiar e investigar. Medellín.³ Universidad Pontificia Bolivariana.⁶ PP⁷295
11. Ministerio de Transportes y Comunicaciones.¹ 2008.² “Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial”³. Aprobado por la Resolución Ministerial N° 660-2008-MTC/02 – Peru⁴. MTC⁶ PP⁷56
12. Ministerio de Gobierno. Poder Ejecutivo de la Provincia de Córdoba¹, 1999². Ley Provincial de Tránsito N°8560.³ Córdoba. Argentina⁴. PP⁷62
13. Organismo Mundial de la Salud.¹ 2009². “Informe Sobre la Situación Mundial de la Seguridad Vial”³. PP⁷15

ANEXOS

FOTO N° 01: Tramo de Concentración de accidentes N° 01 (Km. 99+700)



FOTO N° 02: Tramo de Concentración de accidentes N° 02 (Km. 116+500)



FOTO N° 03: Tramo de Concentración de accidentes N° 03 (Km. 138+500)



FOTO N° 04: Tramo de Concentración de accidentes N° 04 (Km. 141+800)

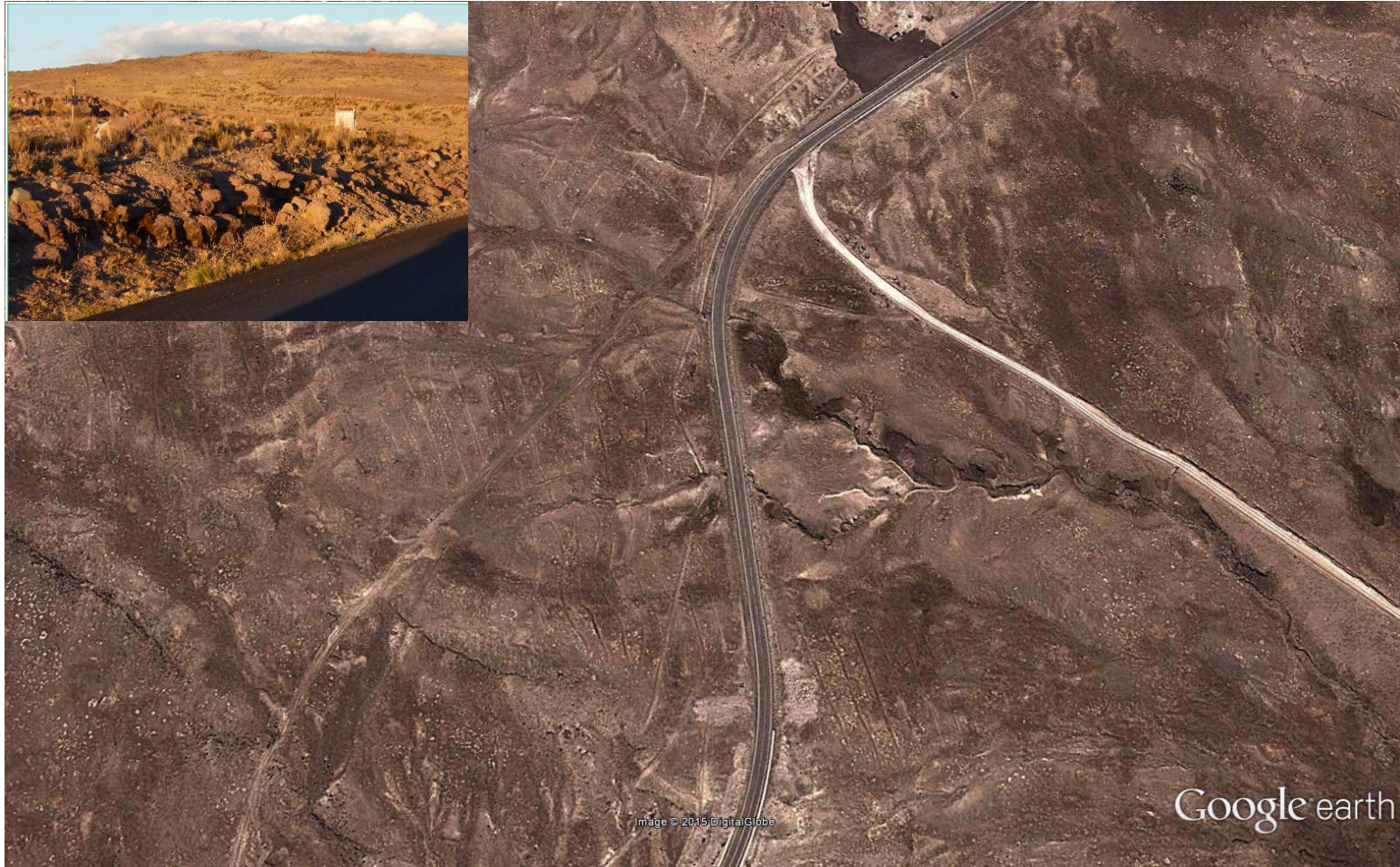


FOTO N° 05: Tramo de Concentración de accidentes N° 05 (Km. 159+400)



FOTO N° 06: Tramo de Concentración de accidentes N° 06 (Km. 184+700)



FOTO N° 07: Tramo de Concentración de accidentes N° 07 (Km. 206+500)



FOTO N° 08: Tramo de Concentración de accidentes N° 08 (Km. 219+400)



FOTO N° 09: Tramo de Concentración de accidentes N° 09 (Km. 230+700)



FOTO N° 10: Tramo de Concentración de accidentes N° 10 (Km. 247+200)



FOTO N° 11: Tramo de Concentración de accidentes N° 11 (Km. 263+100)



FOTO N° 12: Tramo de Concentración de accidentes N° 12 (Km. 269+200)



FOTO N° 13: Tramo de Concentración de accidentes N° 13 (Km. 287+500)



FOTO N° 14: Tramo de Concentración de accidentes N° 14 (Km. 290+800)



FOTO N° 15: Tramo de Concentración de accidentes N° 15 (Km. 297+500)



FOTO N° 16: Tramo de Concentración de accidentes N° 16 (Km. 301+500)

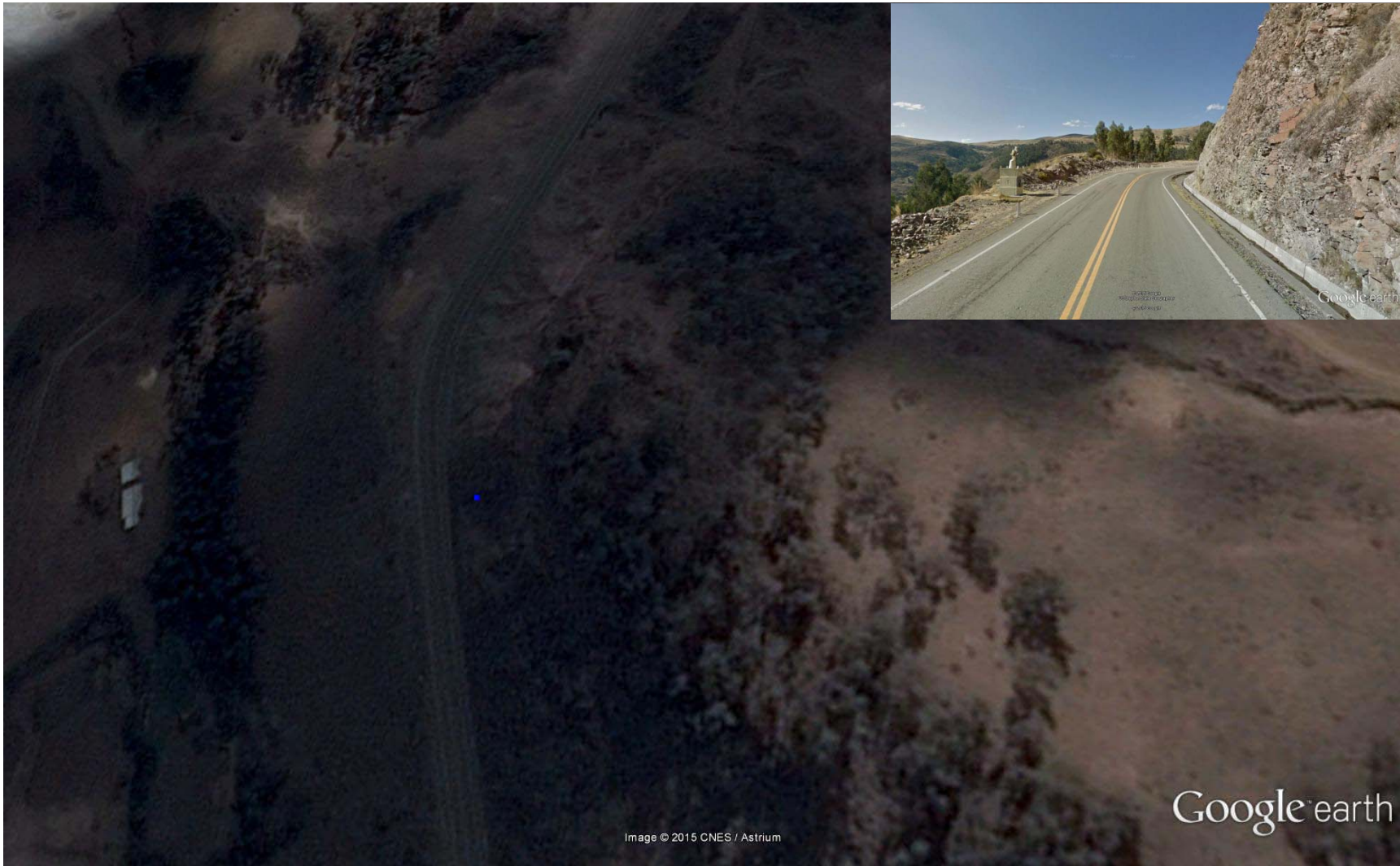


FOTO N° 17: Tramo de Concentración de accidentes N° 17 (Km. 304+200)



FOTO N° 18: Tramo de Concentración de accidentes N° 18 (Km. 308+000)

