

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

## **ESCUELA DE POSGRADO**



### **MAESTRÍA EN CIENCIAS**

#### **MENCIÓN: INGENIERÍA CIVIL**

### **TESIS**

**VULNERABILIDAD DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL ANTE INCREMENTO DEL  
PARQUE AUTOMOTOR EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA**

Para optar el Grado Académico de  
**MAESTRO EN CIENCIAS**

Presentada por:  
**SERGIO NICOLA QUISPE SALAZAR**

Asesor:  
**MCs. Ing. JUAN ESTEBAN GONZALES GARCÍA**

Cajamarca, Perú

2017

COPYRIGHT © 2017 by  
**SERGIO NICOLA QUISPE SALAZAR**  
Todos los derechos reservados

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

## **ESCUELA DE POSGRADO**



### **MAESTRÍA EN CIENCIAS**

#### **MENCIÓN: INGENIERÍA CIVIL**

#### **TESIS APROBADA**

**VULNERABILIDAD DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL ANTE INCREMENTO DEL  
PARQUE AUTOMOTOR EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA**

Para optar el Grado Académico de  
**MAESTRO EN CIENCIAS**

Presentado por:  
**SERGIO NICOLA QUISPE SALAZAR**

#### **Comité Científico**

M.Cs. Juan Gonzales García  
Asesor

Dr. Miguel Ángel Mosqueira Moreno  
Miembro del Comité Científico

M.Cs. José Marchena Araujo  
Miembro del Comité Científico

M.Cs. Sergio Manuel Huamán Sangay  
Miembro del Comité Científico

Cajamarca, Perú

2017



# Universidad Nacional de Cajamarca

## Escuela de Posgrado

### PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

#### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las *10.00.* de la mañana del día 13 de setiembre de dos mil diecisiete, reunidos en el Auditorio de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Jurado Evaluador presidido por el **Dr. MIGUEL MOSQUEIRA MORENO**, en Representación del Director de la Escuela de Posgrado y como Miembro del Jurado Evaluador, **M.Cs. JUAN GONZALES GARCÍA**, en calidad de Asesor; **M.Cs. JOSÉ MARCHENA ARAUJO**, **M.Cs. SERGIO HUAMÁN SANGAY** como integrantes del Jurado Evaluador. Actuando de conformidad con el Reglamento Interno y el Reglamento de Tesis de Maestría de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, se dio inicio a la Sustentación de la Tesis titulada “**VULNERABILIDAD DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL ANTE EL INCREMENTO DEL PARQUE AUTOMOTOR EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA**”, presentada por el **Bach. en Ingeniería Civil SERGIO NICOLA QUISPE SALAZAR**, con la finalidad de optar el Grado Académico de **MAESTRO EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería, con Mención en **INGENIERÍA CIVIL**.

Realizada la exposición de la Tesis y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordó *APROBAR*....con la calificación de *16 (DIECISEIS) BUENO*.....la mencionada Tesis; en tal virtud, el **Bach. en Ingeniería Civil SERGIO NICOLA QUISPE SALAZAR**, está apto para recibir en ceremonia especial el Diploma que lo acredita como **MAESTRO EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería, con Mención en **INGENIERÍA CIVIL**.

Siendo las *11.30.* horas del mismo día, se dio por concluido el acto.

.....  
**Dr. Miguel Mosquiera Moreno**  
**JURADO EVALUADOR**

.....  
**M.Cs. Juan Gonzales García**  
**ASESOR**

.....  
**M.Cs. José Marchena Araujo**  
**JURADO EVALUADOR**

.....  
**M.Cs. Sergio Huamán Sangay**  
**JURADO EVALUADOR**

## DEDICATORIA

A mi Madre **Flora Salazar Villalobos**,  
por darme la vida y enseñarme a  
luchar para seguir adelante y  
ser un ejemplo a seguir día a día.

A la memoria de mi Padre  
**Juan Raúl Quispe Villanueva**,  
porque en cada recuerdo que  
tuve sobre su manera de enseñar  
las cosas y lograr objetivos.

A mis Hijas **Pamela Nicole**  
y **Bianca Ivonne**, que recién inician  
el camino de esta vida, pero que  
ya me dan sus opiniones como  
sabiéndose sabias, pero que  
motivan e incentivan mucho en mí.

## **AGRADECIMIENTOS**

A los **Docentes** de la escuela de post grado de la sección de Ingeniería, de la Universidad Nacional de Cajamarca, por inculcar y compartir sus conocimientos para mi formación como profesional de mejor nivel y generar opinión y generación de soluciones a los problemas que atraviesa nuestra ciudad y el país.

A las **Instituciones**, SUNARP, Municipalidad Provincial de Cajamarca, INEI y MTC a quienes acudí para lograr información relevante para la investigación y a los profesionales que de una u otra manera la mejoraron con sus críticas, aportes y comentarios.

A mi hermano **Franklin** y sobrino **Ricardo** por su apoyo en la recolección de datos para la investigación, sin su apoyo no se hubiera logrado el objetivo de mi estudio.

El país debe adquirir conciencia de que la mitigación de la vulnerabilidad global no puede ser solamente responsabilidad de una oficina, ni siquiera del conjunto del estado. Si para algo ha servido este ensayo, debe haber quedado claro que el problema de nuestra debilidad ante el desarrollo de la naturaleza y de la historia tiene sus raíces en nuestras estructuras materiales y mentales, que es por igual una vulnerabilidad física, económica, política, social, técnica, ideológica, cultural, educativa, ecológica e institucional...

- Gustavo Wilches Chaux

## INDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTOS.....	vi
INDICE GENERAL.....	viii
LISTA DE GRÁFICOS.....	xi
LISTA DE CUADROS.....	xii
LISTA DE FIGURAS.....	xiii
LISTA DE ABREVIATURAS O SIGLAS USADAS.....	xiv
GLOSARIO.....	xv
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii

### CAPITULO I

#### INTRODUCCIÓN

<b>1.1 Planteamiento del problema.....</b>	<b>1</b>
1.1.1 Contextualización.....	1
1.1.2 Descripción del problema.....	4
1.1.3 Formulación del problema.....	8
<b>1.2 Justificación e importancia.....</b>	<b>8</b>
1.2.1. Justificación científica.....	8
1.2.2. Justificación técnica-práctica.....	9
1.2.3. Justificación institucional y personal.....	9
<b>1.3 Delimitación de la investigación.....</b>	<b>9</b>
<b>1.4 Objetivos de la Investigación.....</b>	<b>12</b>
1.4.1. Objetivo general.....	12
1.4.2. Objetivos específicos.....	12



**CAPITULO II**  
**MARCO TEÓRICO**

<b>2.1. Antecedentes de la investigación.....</b>	<b>13</b>
<b>2.2. Marco doctrinal de las teorías particulares en el campo de la ciencia en la que se ubica el objeto de estudio.....</b>	<b>18</b>
<b>2.3. Marco conceptual.....</b>	<b>36</b>
<b>2.4. Definición de términos básicos.....</b>	<b>61</b>

**CAPITULO III**  
**PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y VARIABLES**

<b>3.1. Hipótesis.....</b>	<b>71</b>
<b>3.2. Variables/categorías.....</b>	<b>71</b>
<b>3.3. Operacionalización/categorización de los componentes de la hipótesis</b>	<b>72</b>

**CAPITULO IV**  
**MARCO METODOLÓGICO**

<b>4.1. Ubicación geográfica.....</b>	<b>73</b>
<b>4.2. Métodos de investigación.....</b>	<b>78</b>
<b>4.3. Diseño de la investigación.....</b>	<b>78</b>
<b>4.4 Población, muestra, unidad de análisis y unidad de observación.....</b>	<b>79</b>
<b>4.5. Técnicas e instrumentos de recopilación de información.....</b>	<b>80</b>
<b>4.6. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información.....</b>	<b>80</b>
<b>4.7. Equipos, materiales e insumos. ....</b>	<b>80</b>
<b>4.8. Matriz de consistencia metodológica.....</b>	<b>82</b>

**CAPITULO V**  
**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

<b>5.1. Presentación de resultados.....</b>	<b>83</b>
<b>5.2. Análisis, interpretación y discusión de resultados.....</b>	<b>87</b>

<b>5.3. Contrastación de hipótesis.....</b>	<b>103</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>104</b>
<b>RECOMENDACIONES Y/O SUGERENCIAS.....</b>	<b>106</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>107</b>
<b>APÉNDICES.....</b>	<b>110</b>
PROPUESTA DE APLICACIÓN LA INVESTIGACIÓN.....	116
<b>ANEXOS.....</b>	<b>129</b>

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 01: Agrietamiento longitudinal en metros lineales de la infraestructura vial.

GRÁFICO 02: Agrietamiento superficial en metros cuadrados de la infraestructura vial.

GRÁFICO 03: Superficie dañada en metros cuadrados de la infraestructura vial, solo carriles.

GRÁFICO 04: Superficie dañada total en metros cuadrados de la infraestructura vial.

GRÁFICO 05: Variación de la velocidad de marcha en el tiempo, sobre la infraestructura vial sentido Sur a Norte.

GRÁFICO 06: Variación de la velocidad de marcha en el tiempo, sobre la infraestructura vial sentido Norte a Sur.

GRÁFICO 07: Variación de la velocidad de marcha en el tiempo, sobre la infraestructura vial total.

GRÁFICO 08: Superficie invadida en metros cuadrados para estacionamiento, ambos sentidos de la vía.

GRÁFICO 09: Superficie invadida en metros cuadrados para estacionamiento, total de la vía.

GRÁFICO 10: Variación del número de licencias de conducir todas las modalidades en la provincia de Cajamarca.

## LISTA DE CUADROS

CUADRO 01: Medida del agrietamiento.

CUADRO 02: Medida de la superficie dañada sentido Sur – Norte.

CUADRO 03: Medida de la superficie dañada sentido Norte – Sur.

CUADRO 04: Aforo vehicular en el punto 1, sentido Sur – Norte.

CUADRO 05: Aforo vehicular en el punto 1, sentido Norte – Sur.

CUADRO 06: Aforo vehicular en el punto 2, sentido Sur – Norte.

CUADRO 07: Aforo vehicular en el punto 2, sentido Norte – Sur.

CUADRO 08: Señalización.

CUADRO 09: Medida de la velocidad.

CUADRO 10: Medida de la superficie invadida para estacionamiento.

CUADRO 11: Número de licencias de conducir.

CUADRO 12: Resumen del análisis de las dimensiones de las variables.

## LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1: Situación de la infraestructura vial de Cajamarca en el siglo XVIII.
- FIGURA 2: Vías proyectadas en la ciudad de Cajamarca, al este del tramo en estudio.
- FIGURA 3: Situación actual de la infraestructura vial de Cajamarca ante el incremento del parque automotor.
- FIGURA 4: Delimitación del tramo de la infraestructura vial en la ciudad de Cajamarca para el estudio.
- FIGURA 4-a: Localización del punto N°01.
- FIGURA 4-b: Localización del punto N°02.
- FIGURA 4-c: Localización del tramo en estudio.
- FIGURA 5: Ubicación y Localización del tramo en estudio.
- FIGURA 5-a: Ubicación a nivel nacional.
- FIGURA 5-b: Ubicación a nivel departamental.
- FIGURA 5-c: Ubicación a nivel provincial.
- FIGURA 5-d: Localización en la ciudad de Cajamarca.
- FIGURA 5-e: Localización en la ciudad de Cajamarca.
- FIGURA 6: Agrietamiento longitudinal y transversal comunes en el tramo de la vía en estudio.
- FIGURA 7: Superficie dañada de la infraestructura vial.
- FIGURA 8: Superficie dañada reparada de la infraestructura vial.
- FIGURA 9: Composición del parque automotor en la ciudad de Cajamarca.
- FIGURA 10: Señalización Vertical y Horizontal de la infraestructura vial.

## LISTA DE ABREVIATURAS O SIGLAS USADAS

RNE	: Reglamento Nacional de Edificaciones.
SINAGERD	: Sistema Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres.
ESAN	: Escuela de Administración de Negocios para Egresados.
PBI	: Producto Bruto Interno.
ARAPER	: Asociación de Representantes Automotrices del Perú.
ONG	: Organización No Gubernamental.
IPCC	: Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático
CEPAL	: Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
TA	: Tránsito Anual.
TD	: Tránsito Diario.
TH	: Tránsito Horario.
TPD	: Tránsito Promedio Diario.
TPDA = TA365	: Tránsito Promedio Diario Anual.
TPDM = TM30	: Tránsito Promedio Diario Mensual.
TPDS = TS7	: Tránsito Promedio Diario Semanal.
VHMA	: Volumen Horario Máximo Anual.
VHP	: Volumen Horario de Máxima demanda u hora Punta.
FHP	: Factor de la Hora de Máxima demanda.
NS	: Nivel de Servicio.
PDCA	: Planificar-Hacer-Comprobar-Actuar.
IMD	: Índice Medio Diario.
MTC	: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
MPC	: Municipalidad Provincial de Cajamarca.
INEI	: Instituto Nacional de Estadística e Informática.
ONU	: Organización de Naciones Unidas
EIRD	: Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres

## GLOSARIO

**Vulnerabilidad:** Susceptibilidad de los sistemas naturales, económicos y sociales al impacto de un peligro de origen natural o inducido por el hombre. Reglamento del SINAGERD(2011).

**Riesgo:** Contingencia o proximidad de un daño; es una medida de la magnitud de los daños frente a una situación peligrosa. Reglamento del SINAGERD(2011).

**Peligro:** Probabilidad de que un fenómeno físico, potencialmente dañino, de origen natural o inducido por la acción humana, se presente en un lugar específico, con una cierta intensidad y en un período de tiempo y frecuencia definidos, Reglamento del SINAGERD(2011).

**Peligro tecnológico:** Es un tipo de peligro clasificado dentro de los peligros antrópicos, o los denominados generados por el hombre. Magaña(2012)

**Infraestructura vial:** Se denomina a aquella realización humana diseñada y dirigida por profesionales de Arquitectura, Ingeniería Civil, Urbanistas, etc., que sirven de soporte para el desarrollo de otras actividades y su funcionamiento, necesario en la organización estructural de las ciudades. Sangay(2015)

**Parque automotor:** Conjunto de vehículos que dispone una colectividad. Sangay(2015)

**Resiliencia:** Es la capacidad de la infraestructura vial para resistir una amenaza, también absorber, adaptarse y recuperarse de sus efectos de manera oportuna y eficiente, Reglamento del SINAGERD(2011).

**Vehículo:** El vehículo es un medio de locomoción que permite el traslado de un lugar a otro de personas o cosas. Sangay (2015).

**Automóvil:** Que se mueve por sí mismo. Dicho principalmente de los vehículos que pueden ser guiados para marchar por una vía ordinaria sin necesidad de carriles y llevan un motor, Sangay (2015).

**Vehículo menor:** Vehículo con dos, tres o cuatro ruedas provisto de asiento y/o montura para el uso de su conductor y pasajeros según sea el caso, tales como: bicimotos, motonetas, motocicletas, triciclos motorizados, cuatrimotos y similares. Sangay (2015).

**Conductor:** También llamado chofer, es una persona encargada de conducir un vehículo de motor para transportar a personas. Sangay (2015).

**Capacidad de la vía:** Es el número máximo de vehículos por unidad de tiempo (por lo general una hora), que pasan por un tramo de un carril o de un camino en uno o dos sentidos. Sangay (2015).

**Volumen de tránsito:** Se define como el número máximo de vehículos que pasan por un punto o sección transversal dados, de un carril o calzada, durante un periodo determinado. Sangay (2015).

**Vialidad:** Conjunto de servicios pertenecientes a las vías públicas. Sangay (2015).

**Semaforización:** Proceso mediante el cual se colocan o implementan semáforos en las intersecciones de las vías identificadas para tal fin. Sangay (2015).

**Estructura de pavimento:** Viene a ser el conjunto de capas conformadas de agregados y son la base, subbase y capa de rodadura, esta última capa puede ser de concreto rígido o concreto flexible. Estas capas pueden variar según el diseño y volumen de tráfico. Sangay (2015).

**Vías principales:** Son las que permiten el movimiento del tránsito entre áreas o partes de la ciudad. Dan servicio directo a los generadores principales y se conectan con el servicio de autopistas y vías rápidas. ESAN y Protec (2014).

**Nivel de servicio:** Terminología que se utiliza para medir la calidad del flujo y es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular y de su percepción por los conductores y pasajeros. Huamán Sangay (2015).



## RESUMEN

El presente estudio fundamentó su objetivo en el análisis de la vulnerabilidad de la infraestructura vial en un tramo de la Vía de Evitamiento Norte de la ciudad de Cajamarca ante el incremento del parque automotor al año 2016. Se describió el contexto actual del problema con datos de la evolución de la población de la ciudad de Cajamarca y el análisis del crecimiento del parque automotor, entendiéndose que al año 2016 existe muchos problemas del tránsito en la ciudad, produciéndose congestionamiento en las vías principales y a su vez se evidencia el deterioro de la infraestructura de los pavimentos que no están diseñados para soportar tan alto índice vehicular en las horas punta. La metodología que se utilizó fue la observación sistemática, participativa y no participativa, se optó por una investigación aplicada, descriptiva – explicativa, así mismo se recolectó datos de campo, indicando los instrumentos e insumos utilizados, se presenta en tablas los resultados obtenidos de la medición en campo tal como; el agrietamiento con un 10.31% de la longitud del pavimento, superficie dañada de 4329,16 m<sup>2</sup>, un aforo vehicular total de 40776 vehículos y una velocidad de marcha de 14,93 km/h. Para analizar e interpretar estos resultados de acuerdo con cada uno de los parámetros considerados en la matriz de consistencia, la discusión se realizó a través de la interpretación de la ley del SINAGERD y comparación de los estudios estipulados en los antecedentes de manera que se defienda la hipótesis. El estudio permitió concluir que el grado de vulnerabilidad de la infraestructura vial frente al incremento del parque automotor es muy alto. La importancia de este estudio radica en el uso de las herramientas de la ingeniería del diseño de vías y el aforo vehicular para analizar la vulnerabilidad de la infraestructura vial.

**Palabras clave:** Vulnerabilidad, riesgo, peligro, resiliencia, infraestructura vial.

## **ABSTRACT**

The present study based its objective in the analysis of the vulnerability of the road infrastructure in a section of the North Road of Avoidance of the city of Cajamarca before the increase of the automotive park to the year 2016. The current context of the problem was described with data of The evolution of the population of the city of Cajamarca and the analysis of the growth of the automotive park, understanding that to the year 2016 there are many problems of the traffic in the city, producing congestion in the main routes and at the same time evidence the deterioration of the infrastructure of Pavements that are not designed to withstand such high vehicular rates at peak times. The methodology used was systematic observation, participatory and non - participatory, a descriptive - explanatory research was chosen, field data were also collected, indicating the instruments and inputs used, the results obtained from the measurement in Field such as; Cracking with a 10,31% of the pavement length, a damaged surface of 4329,16 m<sup>2</sup>, a total vehicle capacity of 40776 vehicles and a running speed of 14,93 km / h. In order to analyze and interpret these results according to each of the parameters considered in the consistency matrix, the discussion was performed through the interpretation of the SINAGERD law and comparison of the studies stipulated in the antecedents in a way that strengthens the hypothesis. The study allowed to conclude that the degree of vulnerability of the road infrastructure in front of the increase of the automotive fleet is very high. The importance of this study lies in the use of the tools of the engineering of the road design and the vehicular capacity to analyze the vulnerability of the road infrastructure.

**Key words:** Vulnerability, risk, danger, resilience, road infrastructure.

# CAPITULO I

## INTRODUCCION

### 1.1 Planteamiento del problema

#### 1.1.1. Contextualización

Cajamarca es una ciudad de la sierra norte del Perú que viene experimentando un crecimiento demográfico y urbano bastante alto, desde los años noventa con la explotación minera; y el crecimiento económico para algunos sectores hizo que la zona urbana inicie un crecimiento pero desordenado en la ciudad. Lo cual trajo consigo la demanda de servicios básicos (agua potable, energía eléctrica y alcantarillado) entre ellos el de vialidad y transporte, ESAN y Protec, (2014) a partir de los años 70 del siglo pasado, el análisis de la movilidad en las ciudades dio un salto importante, entendiéndose el transporte dentro de un planeamiento integrado, más que como una intervención meramente sectorial. La atención a los desplazamientos peatonales tomó más fuerza tanto como el mejoramiento de los sistemas de transporte urbano de pasajeros. Posteriormente, se internalizó el concepto de que todo el sistema vial no debe priorizar la rapidez de los desplazamientos vehiculares, sobre todo en las zonas de mayor concentración de peatones.

Se fue entendiendo que la movilidad interviene en la dinámica urbana, así como la economía interviene en las características de la movilidad de las personas y, a su vez, la movilidad condiciona en cierta forma el ingreso económico de sus habitantes. Y cada vez cobra más fuerza que la sostenibilidad ambiental sea un tema prioritario en los sistemas urbanos. La construcción de vehículos con tecnologías menos contaminantes y el empleo de la tecnología en la gestión del tránsito en las ciudades se hace cada vez más frecuente. Sangay(2007)

La infraestructura vial en la ciudad de Cajamarca se ha venido construyendo y modificando por etapas debido al crecimiento urbano y al uso del suelo dice, RNE,(2006) el diseño de las vías de una habilitación urbana deberá integrarse al sistema vial establecido en el Plan de Desarrollo Urbano de la ciudad, respetando la continuidad de las vías existentes. El sistema vial está constituido por vías expresas, vías arteriales, vías colectoras, vías locales y pasajes. Así mismo el crecimiento del parque automotor de la ciudad ha ido creciendo de manera inesperada; según Huamán Sangay (2007) Durante la hegemonía de Roma el empleo de carros se pluraliza bastante, lo que obliga a ampliar las calles y a empedrarlas para facilitar la circulación de esos vehículos. En el siglo XIX las ciudades se expanden rápidamente, y el tránsito de vehículos, empiezan a originar problemas de congestión de tránsito.

Nadie puede negar la importancia de la ciencia y la tecnología. El progreso alcanzado por el empleo de motores, permite ahorrar tiempo, reducir distancias y acumular ganancias. Al principio las cosas marcharon bien, los vehículos automotores eran escasos; pero de pronto cambió el panorama, el número de vehículos creció vertiginosamente y los conflictos aparecieron en forma aterradora, produciendo lamentables accidentes con pérdidas humanas y congestionamientos, porque las vías no habían sido proyectadas para ellos. Ello debido a que las ciudades no han tenido un diseño apropiado para volúmenes grandes de vehículos y el correspondiente tráfico, ni para el adelanto en la tecnología de los vehículos.

La vulnerabilidad que presenta la infraestructura vial, por el incremento del parque automotor, no sólo es para los países subdesarrollados como Perú sino que también se presenta para los países desarrollados ya que

las causas de esta vulnerabilidad son por varios factores en las vías como por ejemplo: factor máquina, factor conductor, factor vía, factor peatón, factor señalización, factor administrativo, entre otros. Queda claro que esta vulnerabilidad podrá seguir agravándose mientras que no se tomen las medidas pertinentes para reducir este nivel de vulnerabilidad.

En la actualidad la infraestructura vial de la ciudad de Cajamarca se ciñe a proyectar vías de una ciudad antigua que trazó sus calles tan solo para dar vialidad a vehículos que eran jalados por animales y cabalgaduras, por tanto eran vías angostas. Sangay (2007) En la oficina de desarrollo urbano de la municipalidad de Cajamarca se viene proyectando vías con un mejor diseño geométrico ajustándose a lo existente y tratando en lo posible no afectar la propiedad privada, pero ello en ocasiones trae modificaciones en las secciones de las vías que según el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) ya no cumplen con la función de dar vialidad tanto a peatones como a vehículos.

La infraestructura vial de la ciudad de Cajamarca se ve amenazada por el peligro tecnológico que es el incremento del parque automotor, que se ha incrementado en un 400% desde el año 2007. Sangay (2007); así se ve expuesta a congestión vehicular en horas punta, deterioro de la estructura de los pavimentos, no se respeta la señalización existente y falta de ésta en algunas zonas de la ciudad, se incrementan los tiempos de viaje, aumentan los accidentes de tránsito, inexistencia de playas de estacionamiento: estas causas conllevan a que los habitantes de Cajamarca se vean afectados en su economía.

Dice Sangay (2007) Cajamarca tiene un elevado desarrollo socio económico por lo que el parque automotor también se ha incrementado. En el año 1980 solo existían algunas camionetas rurales de transporte urbano y un solo comité de transporte urbano. En el año 2007 existían

116 empresas de transporte urbano e interurbano conformadas por taxis, camionetas rurales, mototaxis y microbuses, calculándose que en la ciudad circulan alrededor de 19,386 vehículos, considerando sólo los inscritos en la ciudad de Cajamarca y muchos de ellos albergados en la vía pública congestionando el tránsito.

Según ESAN y Protec, (2014) en el estudio de tráfico en la ciudad de Cajamarca la dinámica de tráfico es baja en las zonas periféricas de la ciudad en horas punta, llegando a valores menores de 400 veh/hora/sentido; y conforme se va acercando al centro de la ciudad este índice de dinamismo crece hasta 1,500 veh/hora/sentido; considerando que una vía de 2 carriles de circulación vehicular tiene una capacidad de 1,200 veh/hora se considera que existe saturación de las vías en la ciudad.

Con esta investigación se busca estimar el nivel de vulnerabilidad de la infraestructura vial de un tramo de la Vía de Evitamiento Norte de la ciudad de Cajamarca, frente al peligro tecnológico del incremento del parque automotor (ver figura 1).

### **1.1.2 Descripción del problema**

La actual infraestructura vial de la ciudad de Cajamarca es el resultado de proyectar vías de una ciudad antigua que trazó sus calles tan sólo para dar vialidad a vehículos que eran jalados por animales y cabalgaduras, por tanto eran vías angostas.

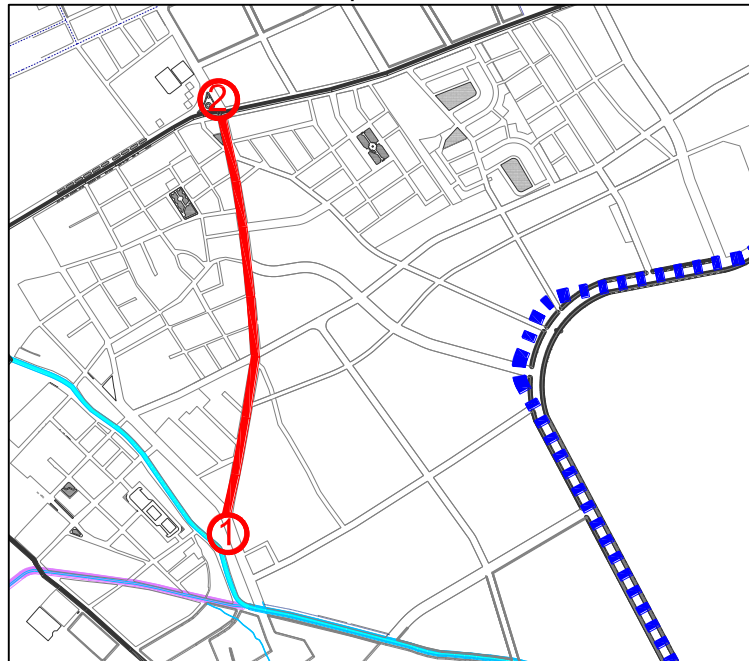
**Figura 1:** Situación de la infraestructura vial de Cajamarca en el siglo XVIII. Izquierda Jr. El Comercio, a la derecha Av. El Maestro.



Fuente: <https://www.pinterest.com/solrakito/cajamarca-que-fu%C3%A9>

En la oficina de desarrollo urbano de la municipalidad de Cajamarca se viene proyectando vías con un mejor diseño geométrico ajustándose a lo existente y tratando en lo posible no afectar la propiedad privada, pero ello trae consigo modificaciones en las secciones de las vías, que según el RNE ya no cumplen con la función de dar vialidad tanto a peatones como a vehículos (ver figura 2)

**Figura 2:** Vías proyectadas en la ciudad de Cajamarca por la oficina de desarrollo territorial de la municipalidad, al este del tramo en estudio.



Fuente: Oficina de desarrollo territorial de la Municipalidad de Cajamarca

El parque automotor de la ciudad ha ido creciendo de manera inesperada y según Huamán Sangay (2007) en el año 1980 sólo existían algunas camionetas rurales de transporte urbano y un solo comité de transporte urbano. Además señala que en el 2007 existen 116 empresas de

transporte urbano e interurbano conformadas por taxis, camionetas rurales, mototaxis y microbuses, calculándose que en la ciudad circulaban alrededor de 19,386 vehículos, considerando solo los inscritos en la ciudad de Cajamarca y muchos de ellos albergados en la vía pública congestionando el tránsito.

Según un estudio realizado por la oficina de medio ambiente de la Municipalidad de Cajamarca al año 2013 habían 82,254 vehículos pero no diferencia cantidades internamente en la ciudad, es decir no clasifican a los vehículos por tipo, de ser en la ciudad esa cantidad de vehículos respecto al valor desde el año 2007 se ha cuadruplicado, por lo que se puede pensar que el problema de congestionamiento y capacidad de las vías también se ha incrementado. Tomando datos del diagnóstico para el Plan de Desarrollo Urbano de Cajamarca se podría decir que al año 2015 la capacidad de las vías es deficiente en 60%, generando ello congestionamiento vehicular en horas punta, deterioro de la estructura y superficie de los pavimentos, no se respeta la señalización que existe, se incrementan los tiempos de viaje, aumentan los accidentes de tránsito, no existen playas de estacionamiento; estas causas conllevan a que la infraestructura vial sea vulnerable ante el incremento del parque automotor y que parte de los habitantes de Cajamarca se vean afectados en su economía.

La vulnerabilidad es un proceso de la gestión del riesgo de desastres que está involucrado dentro de la evaluación del riesgo, la importancia de esta investigación está en la búsqueda de las causas del nivel de vulnerabilidad frente a los indicadores negativos de congestionamiento, fluidez del tráfico, deterioro de la estructura de pavimento y capacidad de las vías en la ciudad, velocidad de marcha, agrietamiento y proponer soluciones a corto, mediano y largo plazo, a partir de un análisis de tramo



de los ejes principales de la ciudad, denominado como vía de evitamiento, eje que se denomina como longitudinal principal, que nos permite analizar la infraestructura vial de Norte a Sur y viceversa.

Desde el año 2011 existe la Ley del SINAGERD y su Reglamento, en la cual dice que la vulnerabilidad es un proceso mediante el cual se evalúa las condiciones existentes de los factores de la vulnerabilidad: exposición, fragilidad y resiliencia, de la población y de sus medios de vida. Para el estudio se ha tomado en cuenta los factores para los medios de vida, uno de ellos es la infraestructura vial de la ciudad.

Es importante señalar que la vulnerabilidad es parte del análisis del riesgo de desastres y ello nos permite tomar medidas de precaución para disminuir los niveles negativos que se obtengan de los factores exposición, fragilidad y resiliencia.

**Figura 3:** Situación actual de la infraestructura vial de Cajamarca ante el incremento del parque automotor (2016).



Av. Héroes del Cenepa

Av. Atahualpa

Jr. Amalia Puga

Jr. Dos de Mayo

Intersección Av. Hoyos Rubio y Av. Vía Evitamiento

Fuente: Elaboración propia.

### 1.1.3 Formulación del problema

¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad de la infraestructura vial ante el incremento del parque automotor en un tramo de la Vía de Evitamiento norte de la ciudad de Cajamarca?

## 1.2 Justificación e importancia de la investigación

### 1.2.1 Justificación científica

La investigación se justifica porque la vulnerabilidad es parte de la gestión del riesgo de desastres y a su vez es una metodología basada en el método científico donde se realiza primeramente un diagnóstico (observación) luego se plantean propuestas (experimenta) y se valida (generaliza) a través de resoluciones, normas, leyes, manuales. Acordes con la solución al problema identificado.

Así mismo la Ley N°29664 que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD) dice en su artículo 3° segundo párrafo *“La gestión del riesgo de desastres está basada en la investigación científica y de registro de informaciones, y orienta las políticas, estrategias y acciones en todos los niveles de gobierno y de la sociedad con la finalidad de proteger la vida de la población y el patrimonio de las personas y del estado”*.

### **1.2.2 Justificación técnica y práctica**

La investigación se justifica porque es necesario el análisis de la vulnerabilidad de la infraestructura vial ante el incremento del parque automotor en un tramo de la Vía de Evitamiento norte de la ciudad de Cajamarca, ya que la vulnerabilidad produce estados de congestión, deterioro de la estructura y superficie de los pavimentos, incapacidad de las vías al volumen de tráfico e invasión de carriles para estacionamiento.

### **1.2.3 Justificación institucional y personal**

La Universidad Nacional de Cajamarca a través de la Escuela de Post Grado y de sus profesionales egresados plantea soluciones a los problemas que se presentan en la sociedad de manera que se formulan proyectos integrales que sean económicos y sostenibles que contribuyan al bienestar de la población.

## **1.3 Delimitación de la investigación**

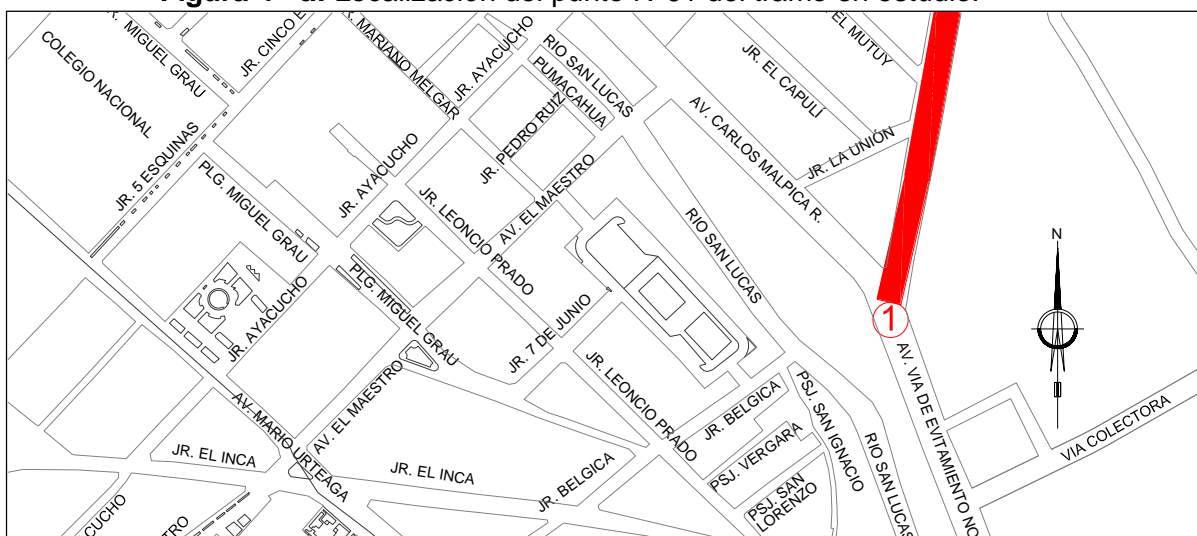
La investigación tubo el propósito inicial de evaluar y analizar la vulnerabilidad de la infraestructura vial de la ciudad de Cajamarca solamente a partir del análisis de un eje principal de la ciudad como lo es la vía de evitamiento, visto que dicho propósito no reflejaba la representatividad de la vulnerabilidad en general para la ciudad, puesto que existen algunos sectores donde la infraestructura vial es nueva y por tanto no tendría un nivel de vulnerabilidad

muy alto, así mismo existen sectores en la ciudad donde la infraestructura vial está en regular estado que podríamos suponer la hipótesis de que la vulnerabilidad es de nivel medio; por este motivo es que no se podría generalizar que la vulnerabilidad de la infraestructura vial en toda la ciudad de Cajamarca tiene un determinado nivel según se concluya en el estudio, vista esta limitación técnica se optó por analizar y de delimitar la investigación tal cual se la describe de la siguiente manera:

La investigación se enmarca en evaluar y analizar la vulnerabilidad de la infraestructura vial en un tramo de la Vía de Evitamiento Norte en la ciudad de Cajamarca ante el incremento del parque automotor. La Vía de Evitamiento es denominada según el plan vial de la Municipalidad Provincial de Cajamarca, como uno de los ejes principales en la ciudad; se ha considerado analizar una longitud de 935.00 m. (Figura 4 - c), iniciando en la intersección de la Av. Vía de Evitamiento Norte y la Av. Carlos Malpica R. (punto N°01 en la Figura 4 - a) y finaliza en la intersección de la Av. Vía de Evitamiento Norte y la Av. Hoyos Rubio (punto N°02 en la Figura 4 - b).

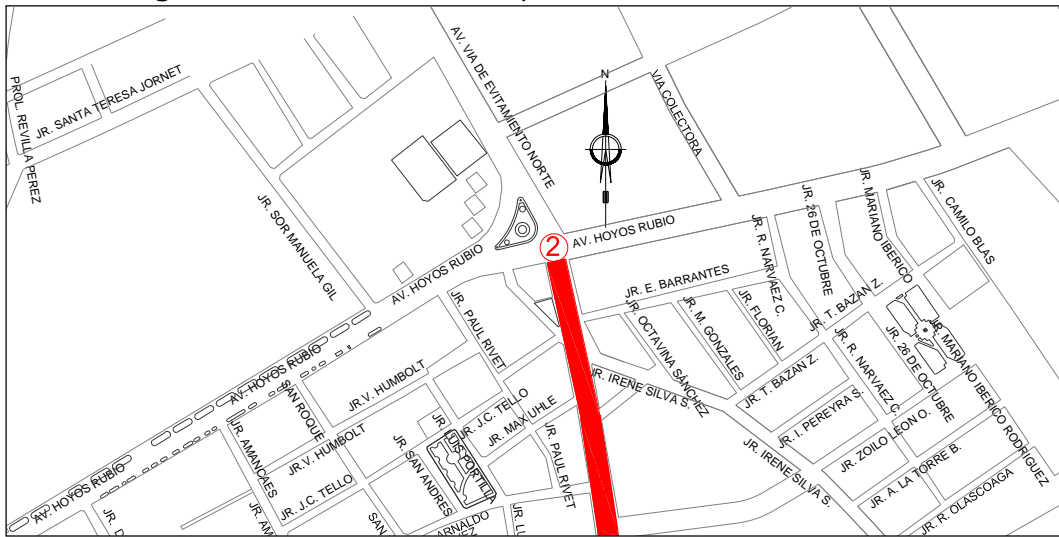
**Figura 4:** Delimitación del tramo de la infraestructura vial en la ciudad de Cajamarca para el estudio.

**Figura 4 - a:** Localización del punto N°01 del tramo en estudio.



Fuente: Elaboración propia, Sub Gerencia de Desarrollo Territorial MPC.

**Figura 4 - b:** Localización del punto N°02 del tramo en estudio



Fuente: Elaboración propia, Sub Gerencia de Desarrollo Territorial MPC.

**Figura 4 - c:** Localización del tramo en estudio entre los puntos 1 y 2.



Fuente: Elaboración propia, Sub Gerencia de Desarrollo Territorial MPC.

## **1.4 Objetivos de la investigación**

### **1.4.1 General**

Evaluar la Vulnerabilidad de la infraestructura vial ante el incremento del parque automotor en un tramo de la Vía de Evitamiento Norte de la ciudad de Cajamarca en el año 2016.

### **1.4.2 Específicos**

- a. Determinar el nivel de vulnerabilidad de la infraestructura vial en un tramo de la Vía de Evitamiento Norte, que va de la intersección de la Av. Vía de Evitamiento Norte y la Av. Hoyos Rubio hasta la intersección de la Av. Vía de Evitamiento Norte y la Av. Carlos Malpica.
- b. Determinar los porcentajes de deterioro de la infraestructura vial en un tramo de la Vía de Evitamiento Norte, de acuerdo a los indicadores considerados en el estudio, que va de la intersección de la Av. Vía de Evitamiento Norte y la Av. Hoyos Rubio hasta la intersección de la Av. Vía de Evitamiento Norte y la Av. Carlos Malpica.
- c. Formular una propuesta de aplicación de la investigación.

## CAPITULO II

### MARCO TEORICO

#### 2.1 Antecedentes de la investigación

- ESAN y Protec (2014), en ***Diagnóstico urbano para el plan de desarrollo urbano de la ciudad de Cajamarca 2014-2024***, describe y caracteriza el estado de la infraestructura vial en Cajamarca, el transporte y de la movilidad en el siguiente orden:
  - ✓ La conexión vial regional.
  - ✓ La clasificación vial.
  - ✓ Las características del tránsito y los flujos vehiculares.
  - ✓ La infraestructura vial y peatonal.
  - ✓ Transporte urbano, interurbano e interprovincial.
  - ✓ Las tendencias futuras a tomar en cuenta para el desarrollo de un sistema de movilidad adecuado a la ciudad.
- Huamán S. (2007), en ***Estudio del congestionamiento vehicular en la zona monumental de la ciudad de Cajamarca***, describe y caracteriza la congestión vehicular en la ciudad de Cajamarca a partir de un análisis en la infraestructura vial en la zona monumental, utilizando la metodología del inventario vial y método del cordón para el registro de vehículos en las intersecciones críticas. El estudio le permitió demostrar que existe congestión vehicular en la ciudad, a partir de calcular el índice de congestión, la capacidad de las vías y el factor de máxima demanda, cuyos factores sirvieron para tomar decisiones y neutralizar el fenómeno de la congestión de tránsito en la zona estudiada.
- Alfaro C. y Marzal V. (2011), en ***Aportes a lineamientos de ordenamiento territorial con incidencia en la gestión de riesgos caso de la provincia de la convención Cusco***, concluyen que en el mes de enero del 2010, la falta de gestión del riesgo del destino turístico más importante de América Latina como es Machupicchu ubicado en el área de influencia directa del área de estudio.

Además Los niveles de peligros múltiples importantes y existentes en la Provincia de La Convención se han combinado con los procesos y expresiones diversas de la vulnerabilidad (por exposición al ocupar piso de valle, utilización de materiales constructivos frágiles, nivel de pobreza y falta de resiliencia) para crear varios contextos de riesgo en el territorio, debido a las malas prácticas agropecuarias y otros recursos, usos de suelo inapropiados e incompatibles con la aptitud de los suelos, deficiente planificación y control urbano y territorial, los que han generado procesos de degradación ambiental, pobreza e insostenibilidad en el desarrollo, entre otros. La ineficacia administrativa del gobierno municipal y nivel sectorial hacen que los ingentes recursos disponibles por el canon gasífero no sean en su mayoría debidamente aprovechados por la población mejorando la calidad de vida, la inversión productiva agroexportadora, de conservación e implementación de los nuevos circuitos estratégicos descritos a nivel regional hacia La Convención, etc., pues las actuales inversiones en infraestructura principalmente no son sustentables en el tiempo sin las condiciones de seguridad frente a peligros existentes y futuros, por la no incorporación del componente riesgos en los proyectos y planes. Se debe analizar en todo estudio de Acondicionamiento/Ordenamiento Territorial, los peligros y vulnerabilidades de los diferentes componentes de cada sub sistema territorial y se definen alternativas para reducir sus niveles de riesgo.

- Palma J. (2012), en el **Análisis de riesgo y vulnerabilidad en proyectos de carreteras**, resume que un desastre no es un proceso puramente natural, sino que es un evento natural o inducido que ocurre donde hay actividades humanas, la probabilidad de ocurrencia de un desastre (riesgo) puede ser clasificada como baja, media o alta, se debe conocer el grado de respuesta ante el mismo (análisis de vulnerabilidad), y para cada una de ellas deben existir dispositivos que aumenten esta capacidad de respuesta (medidas de mitigación). Estas medidas de mitigación pueden ser estructurales, las cuales



dan protección ante un peligro. Los desastres en carreteras pueden ser de origen natural, antrópicos o inducidas por alteraciones al estado natural, cada uno de éstos tiene efectos sobre la infraestructura, los cuales deben ser clasificados según su origen y evaluados los daños, para diseñar medidas de mitigación que sean económicamente factibles.

- Enrique J. (2010), en ***análisis de impactos del desarrollo de proyectos urbanos en el sistema vial y de transporte***, resume que existe una relación interfuncional entre el uso del suelo urbano y el sistema de transporte, esto es, cuando hay un cambio en el uso del suelo por la construcción de centros comerciales o residenciales (por ejemplo), se incrementan los flujos de transporte tanto público como privado. Si ante estos cambios la infraestructura existente no es adecuada para soportar el incremento de estos flujos (transporte público y privado), se inician los problemas de congestiones y otras externalidades (accidentes y contaminación ambiental). Motivo por el cual se debe realizar el Análisis de Impactos del Desarrollo de Proyectos Urbanos en el Sistema Vial y de Transporte, para predecir, analizar y dar alternativas de solución a los impactos que producen éstos en las vías, sean positivos o negativos. Para su análisis se deberá de realizar Estudios de Tránsito, con la finalidad de optimizar las condiciones de accesibilidad, tránsito de los flujos vehiculares y de estacionamiento así como aumentar las condiciones de accesibilidad y seguridad a los desplazamientos peatonales y de ciclistas en concordancia con el sistema de transporte público y privado.

Lima tiene una extraordinaria red vial, salvo algunos problemas de conectividad. El problema de la infraestructura vial es que no tiene un mantenimiento adecuado, está lleno de huecos, falta señalización horizontal y vertical. El problema del congestionamiento se produce por:

- La sobre oferta de vehículos y autos de transporte público.
- La sobre oferta de taxis.

- Falta de control de estacionamientos.
  - Falta de señalización horizontal y vertical.
  - Carencia de infraestructura para el transporte público, como paraderos, terminales de transferencia y garajes para estas.
- Edgar H. (2006), en **Análisis del sistema de transporte público en la ciudad de Huancayo**, hace una breve descripción de la infraestructura vial y estado de las vías. También se hace un estudio de la ocupabilidad de dos maneras: la primera dentro de la unidad de transporte público y la segunda a través de un conteo realizado en la vía pública. Por otro lado se analiza la capacidad de vía de dos de las vías más congestionadas. Al final se describe la Informalidad en el sistema de transporte público tanto en las empresas de transporte como en la Municipalidad. Trata sobre el planeamiento urbano de la ciudad de Huancayo comenzando por la historia de Huancayo para entender la tendencia de la ciudad a lo largo del tiempo. También se hace comentarios al Plan Director Municipal en cuanto a su política de uso del suelo urbano, equipamiento urbano, acondicionamiento ambiental, etc. Se hacen algunas sugerencias para mejorar el sistema de transporte público describiendo primero las propuestas del Plan Director Municipal en cuanto a la Infraestructura Vial y de Transporte.
  - Carlos H, (2012), en **Análisis y evaluación de tramos de concentración de accidentes de tránsito propuesta de mitigación en la vía libertadores – Ayacucho**, La investigación tubo por finalidad, identificar tramos de concentración de accidentes en la vía Libertadores que engloba a los departamentos de Ica, Huancavelica y Ayacucho. Un tramo de concentración de accidentes es un tramo de la red que presenta un riesgo de accidente significativamente superior a la media de tramos de características semejantes. Para su identificación se han utilizado diferentes técnicas de análisis, entre las que se destacan: Método del Número de Accidentes, Método de la Tasa de Accidentes, Método del Número - Tasa, Método del Control de Calidad de la

Tasa e Índice de Peligrosidad. En los diversos métodos se realizaron las evaluaciones y análisis correspondientes, derivándose en la metodología más viable.

- Isabel M. (2010), en ***Estudio de la relación entre el nivel desarrollo de la infraestructura vial, actividad productiva y el desarrollo humano***, considera que puede evaluarse el efecto de la mejora en la infraestructura vial de una localidad en el desarrollo humano de su población, mediante el procedimiento que se presenta a continuación:
  - a) Determinar el tiempo de viaje de la capital departamental a Lima, antes del proyecto y después del proyecto.
  - b) Determinar el Índice de desarrollo vial inicial, previo al proyecto, y el Índice de desarrollo vial al finalizar el proyecto.
  - c) Mantener el valor del PBI per cápita al inicio del proyecto.
- Patricia D. (2008), en ***El problema de movilidad en campus universitarios. caso aplicado: universidad de Antioquia***, se aborda el problema de movilidad en Campus Universitarios y para el caso de la Universidad de Antioquia (U. de A.), se elaboró un diagnóstico vial en cuanto a su accesibilidad en los diferentes modos de transporte y la congestión en los parqueaderos, diagnóstico que finalmente sirvió de materia prima para el diseño de una solución a este problema de movilidad. Se encontró que las personas que ingresan a las instalaciones del campus lo hacen principalmente en modo a pie (aproximadamente 20%), en servicio público colectivo (bus y Metro) 70% y últimamente se ve marcada la tendencia a usar vehículo privado 10%, especialmente motocicleta. Se realizaron aforos de entradas vehiculares y encuestas en la Universidad a personas con y sin automóvil para así obtener las condiciones actuales de ingreso en los diferentes modos de transporte y se hicieron preguntas hipotéticas a usuarios con vehículo particular con el fin de analizar si era posible una disminución del uso de este tipo de vehículo y para

concientizar a las personas que visitan la Universidad de que utilicen el sistema de transporte público ya que la congestión dentro de esta es un reflejo de la problemática del sistema de transporte de la ciudad.

- Ziulay Z. (2011), en ***El enfoque territorial y participativo en la planificación vial: propuestas, criterios y pautas metodológicas para la priorización de intervenciones en redes vecinales***, Aporta en la construcción conceptual y metodológica de la planificación vial vecinal para su integración al desarrollo local y regional, desarrollada a partir del enfoque territorial y participativo de la planificación del desarrollo. Plantea la hipótesis “La planificación vial vecinal, desarrollada bajo criterios y pautas metodológicas construidas a partir de los principios del enfoque territorial y participativo, permitirán priorizar eficientemente las intervenciones viales de los gobiernos locales para responder a las demandas de accesibilidad física de la población a los servicios sociales y productivos, e integración de los espacios locales a los ejes económicos regionales en el marco de los objetivos de desarrollo regional y subregional”.

## **2.2. Marco doctrinal de las teorías particulares en el campo de la ciencia en la que se ubica el objeto de estudio.**

Las teorías en las que se ubica el estudio están enmarcadas en la ciencia de la ingeniería de tránsito o de transporte.

### **2.2.1 Situación de la infraestructura vial del Perú**

En los últimos años, el Perú ha tenido una época de bonanza económica que ha surgido gracias a un buen manejo de la política económica. Esta expansión trajo consigo un crecimiento económico exponencial y ocasionó que las familias tengan mayor capacidad de compra; las cuales decidieron gastar su excedente en vehículos para así tener una mejor calidad de vida y posicionarse en un mejor estado socioeconómico. “Para darnos una idea, en el 2012 se vendieron más de 190 mil vehículos en el

país, según la Asociación de Representantes Automotrices del Perú (ARAPER)". La mayoría de estos automóviles se quedan en Lima. El problema del excesivo volumen del parque automotor ha sido ocasionado por la poca capacidad profesional de las personas encargadas de manejar las municipalidades de los distintos distritos de Lima.

Podemos separar el problema vial en tres grandes categorías: la cultura del conductor al manejar en la ciudad, la excesiva cantidad de automóviles y la falta de una adecuada distribución e infraestructura en el país. Ambos radican en un desorden descomunal y en el excesivo tiempo que toma llegar de un destino al otro. Humberto Lagos (2012).

Al hacer un sondeo rápido, nos topamos con la sorpresa que los ciudadanos afirman que el exceso de vehículos en el parque automotor, y por consiguiente el gran tránsito vehicular, es el segundo problema más urgente de Lima aún por solucionar. La ciudad no está preparada para el exceso del parque automotor, cosa que trajo como consecuencia que los conductores antiguos y nuevos manejen utilizando la ley de la jungla en donde gana el más vivo y el más fuerte. En la praxis puede ser observado en el momento que los autos se quedan obstruyendo las transversales y ocasionando así un atoramiento del tráfico; cosa que traerá consigo pérdida de tiempo, que podría ser utilizado en horas de trabajo o de estudio; al mismo tiempo que se pierde dinero en combustible, etc. Humberto Lagos (2012).

La capital peruana no está en capacidad de controlar este excesivo crecimiento del parque automotor. En vez de obras, "lo que hace falta es una adecuada planificación del transporte", o tener soluciones creativas. Luis Quispe Candia, director de la ONG Luz Ámbar, "Hay más de dos millones 200 mil vehículos en una ciudad que no tiene una infraestructura suficiente ni preparada, sin señalizar, sin vías amplias", Además, que otro

de los problemas es que “hay muchas autoridades que regulan el tránsito y que dictan leyes, algunas veces contradictorias”.

El gasto en infraestructura de transporte en el Perú es de 0.6% del PBI cuando debería de estar entre el 2 y 3% del PBI según el Banco Mundial, lo cual ha llevado a los siguientes problemas en las Redes Viales:

1. Red Vial Nacional asfaltada: exceso de capacidad, problemas de trazado, geometría y de confiabilidad y seguridad.
2. Red Vial Nacional no asfaltada: descuidada, requieren gran esfuerzo para alcanzar niveles razonables de transitabilidad.
3. Red Vial Vecinal o Rural: no reciben ningún tipo de atención por parte de los organismos públicos.
4. Excesiva dependencia del presupuesto del gobierno central. Entre el año 1997 y el año 2000, los recursos destinados al sector transportes disminuyeron de 7% a 4% del presupuesto del gobierno central. Asimismo, la participación de la inversión en transportes pasó de 0.9% del PBI en 1997 a 0.52% del PBI en 2001.
5. Tarifas de peajes no alcanza a cubrir los costos de mantenimiento y pago de la inversión futura. Humberto Lagos (2012).

### **2.2.2 Fallas en los pavimentos flexibles**

Las fallas presentes en los pavimentos flexibles son de tres tipos: Fisuras y Grietas; deterioro superficial y otros deterioros.

#### **FISURAS Y GRIETAS**

##### **Fisuras y grietas por fatigamiento.**

Son una serie de fisuras interconectadas con patrones irregulares, generalmente ubicadas en zonas donde hay repeticiones de carga. La fisuración tiende a iniciarse en el fondo de las capas asfálticas, donde los esfuerzos de tracción son mayores bajo la acción de cargas, en donde desarrollan un parecido con la piel de cocodrilo. Este tipo de daño no es

común en carpetas asfálticas colocadas sobre pavimentos de hormigón. Rebolledo (2010).

**Posibles Causas:**

La causa más frecuente es la falla por fatiga de la estructura o de la carpeta asfáltica principalmente debido a:

- Espesor de estructura insuficiente.
- Deformaciones de la subrasante.
- Rigidización de la mezcla asfáltica en zonas de carga (por oxidación del asfalto o envejecimiento).
- Problemas de drenaje que afectan los materiales granulares.
- Compactación deficiente de las capas granulares o asfálticas
- Deficiencias en la elaboración de la mezcla asfáltica: exceso de mortero en la mezcla, uso de asfalto de alta penetración (hace deformable la mezcla), deficiencia de asfalto en la mezcla (reduce el módulo).
- Reparaciones mal ejecutadas, juntas mal elaboradas e implementación de reparaciones que no corrigen el daño.

**Fisuras y grietas en bloque.**

En este tipo de falla la superficie del asfalto es dividida en bloques de forma más o menos rectangular. Este deterioro difiere de la piel de cocodrilo en que este aparece en áreas sometidas a carga, mientras que los bloques aparecen usualmente en áreas no cargadas. Sin embargo, se pueden encontrar fisuras en bloque que han evolucionado en piel de cocodrilo debido al tránsito. Rebolledo (2010).

**Posibles Causas:**

- Es causada principalmente por la contracción del pavimento asfáltico debido a la variación de la temperatura durante el día, lo que se produce en ciclos de esfuerzo – deformación sobre la mezcla. La presencia de

este tipo de fisuras indica que el asfalto se ha endurecido, lo cual sucede debido al envejecimiento de la mezcla o al uso de un tipo de asfalto inapropiado para el clima de la zona.

- Reflejo de grietas de contracción provenientes de materiales estabilizados utilizados como base.
- Combinación del cambio volumétrico del agregado fino de la mezcla asfáltica con el uso de un asfalto de baja penetración.
- Espesor del pavimento inadecuado para el nivel de solicitaciones baja capacidad de soporte de la subrasante. Rebolledo (2010).

#### **Grietas de borde.**

Son grietas con tendencia longitudinal a semicircular ubicadas cerca del borde de la calzada, se presentan generalmente por la ausencia de berma o por la diferencia de nivel de la berma y la calzada. Generalmente se ubican dentro de una franja paralela al borde, con ancho hasta 0,60 m. Rebolledo (2010).

#### **Posibles Causas:**

La principal causa de este daño es la falta de confinamiento lateral de la estructura debido a la carencia de bordillos, anchos de berma insuficientes o sobrecarpetas que llegan hasta el borde del carril y quedan en desnivel con la berma; en estos casos la fisura es generada cuando el tránsito circula muy cerca del borde. Las fisuras que aparecen por esta causa generalmente se encuentran a distancias entre 0.30 m. a 0,60 m. del borde de la calzada. Rebolledo (2010).

#### **Fisuras y grietas longitudinales y transversales.**

Corresponden a discontinuidades en la carpeta asfáltica, en la misma dirección del tránsito o transversales a él. Son indicio de la existencia de esfuerzos de tensión en alguna de las capas de la estructura, las cuales han superado la resistencia del material afectado. La localización de las



fisuras dentro del carril puede ser un buen indicativo de la causa que las generó, ya que aquellas que se encuentran en zonas sujetas a carga pueden estar relacionadas con problemas de fatiga de toda la estructura o de alguna de sus partes. Rebolledo (2010).

#### **Posibles Causas:**

Las causas más a ambos tipos de fisuras, son:

- Rigidización de la mezcla asfáltica por pérdida de flexibilidad debido a un exceso de filler, o al envejecimiento del asfalto, ocurre ante bajas temperaturas o gradientes térmicos altos (generalmente superiores a 30°).
- Reflexión de grietas de las capas inferiores, generadas en materiales estabilizados o por grietas o juntas existentes en placas de concreto hidráulico subyacentes.
- Otra causa para la conformación de fisuras longitudinales es:
- Fatiga de la estructura, usualmente se presentan en las huellas de tránsito.
- Otras causas para la conformación de fisuras transversales son:
- Pueden corresponder a zonas de contacto entre corte y terraplén por la diferencia de rigidez de los materiales de la subrasante.
- Riego de liga insuficiente o ausencia total.
- Espesor insuficiente de la capa de rodadura. Rebolledo (2010).

#### **Fisuras y grietas Reflejadas.**

Este tipo de daño ocurre cuando existe una capa de pavimento asfáltico sobre placas de pavimento rígido; estas fisuras aparecen por la proyección en superficie de las juntas en dichas placas, en cuyo caso presentan un patrón regular, o también cuando hay grietas en el

pavimento rígido que se han reflejado hasta aparecer en la superficie presentando un patrón irregular. Rebolledo (2010).

**Posibles Causas:**

Son generadas por los movimientos de las juntas entre placas de pavimento rígido o de los bloques formados por las grietas existentes en éste, debido a los cambios de temperatura y de humedad. Generalmente no se atribuyen a las cargas de tránsito, aunque éstas pueden provocar fisuración en las zonas aledañas incrementando la severidad del daño. Rebolledo (2010).

**DETERIORO SUPERFICIAL.**

**Parches deteriorados.**

Los parches corresponden a áreas donde el pavimento original fue removido y reemplazado por un material similar o diferente, ya sea para reparar la estructura (a nivel del pavimento asfáltico o hasta los granulares) o para permitir la instalación o reparación de alguna red de servicios (agua, gas, etc.) Rebolledo (2010).

**Posibles Causas:**

- Procesos constructivos deficientes.
- Sólo se recubrió la zona deteriorada sin solucionar las causas que lo originaron.
- Deficiencias en las juntas.
- Parche estructuralmente insuficiente para el nivel de solicitaciones y características de la subrasante.
- Mala construcción del parche (base insuficientemente compactada, mezcla asfáltica mal diseñada). Rebolledo (2010).

### **Baches en carpetas asfálticas y tratamientos superficiales.**

Cavidad, normalmente redondeada, que se forma al desprenderse mezcla asfáltica. Para considerarla como bache al menos una de sus dimensiones un mínimo debe tener de 150 mm. Rebolledo (2010).

#### **Posibles Causas:**

- Pavimento estructuralmente insuficiente para el nivel de solicitaciones y características de la subrasante.
- Drenaje inadecuado o insuficiente.
- Defecto de construcción.
- Derrame de solventes (bencina, aceite, etc.) o quema de elementos sobre el pavimento. Rebolledo (2010).

#### **Ahuellamiento.**

Es una depresión de la zona localizada sobre la trayectoria de la llanta de los vehículos. Con frecuencia se encuentra acompañado de una elevación de las áreas adyacentes de la zona deprimida y de fisuración. Un Ahuellamiento significativo puede llevar a la falla estructural del pavimento y posibilitar el hidropilaje por almacenamiento de agua. Rebolledo (2010).

#### **Posibles Causas:**

El Ahuellamiento ocurre principalmente debido a una deformación permanente de alguna de las capas del pavimento o de la subrasante, generada por deformación plástica del pavimento asfáltico o por deformación de la subrasante debido a la fatiga de la estructura ante la repetición de cargas.

La deformación plástica de la mezcla asfáltica tiende a aumentar en climas cálidos, y también puede darse por una compactación inadecuada de las capas durante la construcción, por el uso de asfaltos blandos o agregados redondeados. Rebolledo (2010).

### **Deformación transversal.**

Las fisuras de desplazamiento se ocasionan por la falta de adherencia entre la carpeta de superficie y la carpeta inferior. La falta de adherencia puede deberse por la presencia de polvo, aceite, agua o cualquier otro material no adhesivo entre estas dos carpetas. Generalmente la falta de adherencia se produce cuando no se ha colocado un riego de liga. Algunas veces la mala compactación ocasiona la rotura de la adherencia entre las dos carpetas. Rebolledo (2010).

#### **Posibles Causas:**

- Estructura insuficiente para el nivel de solicitaciones y características de la subrasante.
- Drenaje inadecuado o insuficiente.
- Defecto de construcción.
- Derrame de solventes (bencina, diesel, etc.) o quema de elementos sobre el pavimento. Rebolledo (2010).

### **Exudaciones.**

Esta tipo de daño se presenta con una película o afloramiento del ligante asfáltico sobre la superficie del pavimento generalmente brillante, resbaladiza y usualmente pegajosa. Es un proceso que puede llegar a afectar la resistencia al deslizamiento. Rebolledo (2010).

#### **Posibles Causas:**

La exudación se genera cuando la mezcla tiene cantidades excesivas de asfalto haciendo que el contenido de vacíos con aire de mezcla sea bajo, sucede especialmente durante épocas o en zonas calurosas. También puede darse por el uso de asfaltos muy blandos o por derrame de ciertos solventes Rebolledo (2010).

### **Desgaste.**

Corresponde al deterioro del pavimento ocasionado principalmente por la acción del tránsito, agentes abrasivos o erosivos. Se presenta como pérdida del ligante y mortero. Suele encontrarse en las zonas por donde transitan los vehículos. Este daño provoca aceleración del deterioro del pavimento por acción del medio ambiente y del tránsito. Rebolledo (2010).

#### **Posibles Causas:**

El desgaste superficial generalmente es un deterioro natural del pavimento, aunque si se presenta con severidades medias o altas a edades tempranas puede estar asociado a un endurecimiento significativo del asfalto. Rebolledo (2010).

- Falta de adherencia del asfalto con los agregados.
- Deficiente dosificación de asfalto en la mezcla.
- Acción intensa del agua u otros agentes abrasivos además del tránsito.

### **Pérdida de áridos.**

Conocida también como desintegración, corresponde a la disgregación superficial de la capa de rodadura debido a una pérdida gradual de agregados, haciendo la superficie más rugosa y exponiendo de manera progresiva los materiales a la acción del tránsito y los agentes climáticos. Este tipo de daño es común en tratamientos superficiales, caso en el que pueden aparecer estrías en la dirección del riego y debe ser reportado como surcos. Rebolledo (2010).

#### **Posibles Causas:**

- Aplicación irregular del ligante en tratamientos superficiales.
- Problemas de adherencia entre agregado y asfalto.
- Uso de agregados contaminados con finos o agregados muy absorbentes.

- Lluvia durante la aplicación o el fraguado del ligante asfáltico.
  - Endurecimiento significativo del asfalto.
  - Deficiencia de compactación de la carpeta asfáltica.
  - Contaminación de la capa de rodadura con aceite, gasolina y otros.
- Rebolledo (2010).

### **Ondulaciones.**

Es un daño caracterizado por la presencia de ondas en la superficie del pavimento, generalmente perpendiculares a la dirección del tránsito, con longitudes entre crestas usualmente menores a 1,0 m. Rebolledo (2010).

### **Posibles causas:**

La ondulación es una deformación plástica de la capa asfáltica, debido generalmente a una pérdida de estabilidad de la mezcla en climas cálidos por mala dosificación del asfalto, uso de ligantes blandos o agregados redondeados. Muchos de los casos pueden presentarse en las zonas de frenado o aceleración de los vehículos. Rebolledo (2010).

Otra causa puede estar asociada a un exceso de humedad en la subrasante, en cuyo caso afecta toda la zona de la estructura del pavimento. Además también puede ocurrir debido a la contaminación de la mezcla asfáltica con finos o materia orgánica. Rebolledo (2010).

Bajo este contexto, las causas más probables son:

- Pérdida de estabilidad de la mezcla asfáltica.
- Exceso de compactación de la carpeta asfáltica.
- Exceso o mala calidad del asfalto.
- Insuficiencia de triturados (caras fracturadas).
- Falta de curado de las mezclas en la vía.
- Acción del tránsito en zonas de frenado y estacionamiento.

- Deslizamiento de la capa de rodadura sobre la capa inferior por exceso de riego de liga. Rebolledo (2010).

#### **OTROS DETERIOROS.**

##### **Descenso de la berma.**

Corresponde a una diferencia de elevación entre la calzada y la berma, debido a un desplazamiento de la berma. Permite la infiltración de agua hacia el interior de la estructura del pavimento, provocando su deterioro.

##### **Posibles Causas:**

Generalmente sucede cuando existen diferencias entre los materiales de la berma y el pavimento o por el bombeo del material de base en la berma. También puede estar asociado con problemas de inestabilidad de los taludes aledaños. Rebolledo (2010).

##### **Surgencia de finos y agua.**

Este afloramiento corresponde a la salida de agua infiltrada, junto con materiales finos de la capa de base por las grietas, cuando circulan sobre ellas las cargas de tránsito. La presencia de manchas o de material acumulado en la superficie cercana al borde de las grietas indica la existencia del fenómeno. Se encuentra principalmente en pavimentos sumergidos (con base estabilizada). Rebolledo (2010).

##### **Posibles Causas:**

Ausencia o inadecuado sistema de subdrenaje, exceso de finos en la estructura, filtración de aguas.

##### **Separación entre berma y pavimento.**

Este daño indica el incremento en la separación de la junta existente entre la calzada y la berma. Este daño permite la infiltración de agua hacia el interior de la estructura del pavimento provocando su deterioro.

**Posibles Causas:** Generalmente está relacionada con el movimiento de la berma debido a problemas de inestabilidad de los taludes aledaños o

con la ausencia de liga entre la calzada y la berma cuando se construyen por separado. Rebolledo (2010).

### **2.2.3 La invasión del automóvil**

La última década del siglo XX trajo consigo un fuerte incremento en la cantidad de automóviles en circulación en América Latina, así como en su uso para los más variados propósitos, incluidos los viajes a los lugares de trabajo y estudio, con lo que se presiona significativamente la red vial. ¿A qué se deben estos fenómenos? Bull (2003).

#### **Las reformas económicas han hecho más accesible el automóvil**

Las reformas económicas de los años noventa en la región trajeron consigo, entre otros efectos, tasas de crecimiento económico más altas y la reducción del precio de los automóviles.

De tasas de crecimiento por habitante casi siempre negativas en los años ochenta, se pasó a tasas positivas relativamente elevadas en los noventa. Por ejemplo, Uruguay pasó de un crecimiento medio anual de -1% entre 1981 y 1988 a uno de +4% entre 1991 y 1994 (CEPAL, 1989 y 1995a). Esto ha repercutido favorablemente en los ingresos personales, dejando mayor disponibilidad para la adquisición de bienes durables.

Simultáneamente, en muchos casos se redujo la carga impositiva sobre los automóviles, particularmente los aranceles aduaneros. Además, en algunos países ¿Cómo han incidido las reformas económicas en la posibilidad de adquirir un automóvil? ocurrió una apreciación del tipo de cambio, lo que en definitiva abarató los productos importados. En Colombia, por ejemplo, la tasa de cambio real en 1994 equivalía sólo al 75% de la existente en 1990. Bull (2003).

Esta tendencia no se traduce necesariamente en precios menores, porque al mismo tiempo la calidad de los vehículos ha mejorado. Sin embargo, en el caso de aquellos vehículos cuyas características se



mantienen relativamente constantes, se observa una reducción real de los precios al comprador. Por ejemplo, en 1996 en el mercado chileno, el precio de venta de un Volkswagen Escarabajo era el equivalente de 7 780 dólares; en cambio, en 1982 era, en precios de 1996, de 8 902 dólares.

Con toda seguridad, la baja real en los precios de venta de autos usados ha sido aún mayor, aunque es muy difícil obtener datos confiables sobre la materia. La tasa de depreciación de los autos se relaciona directamente con la tasa de propiedad. En países donde hay pocos vehículos por persona, un automóvil de segunda mano es un bien relativamente escaso y el precio al que se negocia refleja una oferta limitada y, a veces, una demanda abundante. El crecimiento de las tasas de motorización en América Latina en los últimos años ha reducido la escasez relativa de automóviles usados, tendiendo, de esa manera, a aumentar la oferta, a disminuir la demanda –porque una mayor proporción de los habitantes ya tiene uno– y, por ende, a hacer bajar sus precios, poniéndolos dentro del alcance de familias de menores ingresos. En consecuencia, en el escenario latinoamericano los ingresos reales suben y los precios de los automóviles tienden a bajar. Bull (2003).

### **La popularización de la propiedad de automóviles**

En las ciudades latinoamericanas, la evolución de los ingresos de los residentes y de los precios de los automóviles, particularmente de los usados, hace que la propiedad de un vehículo esté dejando de ser un sueño inalcanzable y se transforme en un hecho consumado para muchas familias. El aumento de la tasa de motorización es un fenómeno que se repite en casi toda América Latina y ha permitido, especialmente a la clase media, cosechar uno de los frutos más importantes del avance tecnológico del siglo XX.

En los países en que la reforma económica se impuso de una manera rápida, la importación de automóviles creció en forma igualmente acelerada. Bull (2003).

**ECUADOR Y PERÚ: IMPORTACIÓN DE VEHÍCULOS DE PASAJEROS<sup>a</sup>**  
(En miles de dólares)

Año	Ecuador <sup>b</sup>	Perú
1989	10 062	6 482
1990	23 432	11 880
1991	23 554	170 668
1992	166 109	213 018
1993	245 895	165 647
1994	374 038	252 421

**Fuente:** CEPAL, sobre la base de informaciones oficiales.

<sup>a</sup> Las cifras excluyen a los buses.

<sup>b</sup> Las cifras se refieren específicamente a vehículos de transporte particular, dentro del rubro de bienes de consumo durables.

La columna correspondiente a Perú muestra que de 1990 a 1991 el valor de las importaciones de automóviles se multiplicó por 14. Perú liberó no solamente la importación de automóviles nuevos, sino también de usados (exceptuando un breve período entre febrero y noviembre de 1996). Por lo tanto, el precio medio por unidad bajó, lo que indica que el número de unidades importadas habría crecido en una proporción mayor que los gastos de importación. Bull (2003).

En algunos países fabricantes de automóviles, las reformas económicas se tradujeron en un aumento tanto en las importaciones de vehículos, como en la producción nacional. Así ocurrió en Brasil, donde la importación de automóviles estuvo sujeta durante décadas a fuertes gravámenes, como parte de una política de fomento de la producción nacional de esos bienes. De 1990 a 1994, a partir de una base mínima, la importación creció en más de 10 000%.

Sin embargo, la producción nacional subió también en 70%. La exportación se frenó, porque los fabricantes prefirieron colocar su producción en el creciente mercado interno. Influyó también, durante un

período a partir de mediados de 1994, la apreciación de la moneda local. Un resultado concreto es que entre 1990 y 1996 en São Paulo, la población creció un 3.4%, y la flota de vehículos, en 36.5%. Bull (2003).

**BRASIL: CONSUMO APARENTE DE AUTOMÓVILES<sup>a</sup>**

Año	Unidades		Consumo aparente de autos <sup>a</sup>
	Importadas	Producidas	
1990	1 310	602 545	483 084
1991	11 146	615 097	499 090
1992	30 714	667 229	454 817
1993	70 438	929 582	750 413
1994	138 679	1 026 827	890 691
1995	320 261	1 147 897	1 278 437

**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), "El tránsito urbano en la era de la apertura económica", *Boletín FAL*, N° 132, Santiago de Chile, marzo-abril (<http://www.eclac.cl/transporte>), 1997.

<sup>a</sup> Producción + importación - exportación.

**SANTIAGO DE CHILE (TRES MUNICIPIOS): ESTIMACIÓN DEL INCREMENTO EN LA PROPIEDAD DE AUTOMÓVILES POR FAMILIA AL AUMENTAR LOS INGRESOS MEDIOS**

Municipio	Ingreso familiar mensual	Autos por familia	Elasticidad de la tasa de autos por familia con respecto al ingreso familiar	Aumento en autos por familia si los ingresos familiares suben 1%
Vitacura	589 700	1.71	0.23	0.0039
Santiago (centro)	126 700	0.311	1.06	0.0033
La Pintana	39 730	0.051	3.39	0.0018

**Fuente:** J. Kain y Z. Liu, *Efficiency and Locational Consequences of Governments Transports Policies and Spending in Chile*, Harvard, Harvard Project on Urban and Regional Development in Chile, 1994, cuadro A.7.

La conclusión más importante que se puede derivar de este análisis es que un aumento en los ingresos tiene el efecto de elevar significativamente la propiedad de automóviles, no solamente en los barrios de mayores ingresos, sino también en los de ingresos medios. Así, el parque de automóviles en Santiago creció a una tasa anual de 8% durante la década de 1990. Bull (2003).

#### **2.2.4 El fenómeno negativo de la creciente congestión**

En los últimos años, especialmente a partir de principios del decenio de 1990, el aumento de la demanda de transporte y del tránsito vial ha causado, sobre todo en las ciudades grandes, mayor congestión, demoras, accidentes y problemas ambientales. La congestión de tránsito se ha transformado en un flagelo de particular severidad, que se manifiesta en los países industrializados como también en los que están en desarrollo. Afecta tanto a automovilistas como a usuarios del transporte colectivo y acarrea pérdida de eficiencia económica y otros efectos negativos para la sociedad. Preocupante es que esta expresión de los tiempos actuales se haya ido acentuando, sin tener visos de alcanzar un cierto límite, transformándose en una pesadilla que amenaza la calidad de vida urbana. Bull (2003).

Las últimas décadas han visto un aumento explosivo de la cantidad de vehículos motorizados en los países en vías de desarrollo, fruto de diversos factores, como el aumento del poder adquisitivo de las clases socioeconómicas de ingresos medios, el mayor acceso al crédito, la reducción relativa de los precios de venta y una mayor oferta de vehículos usados. La creciente disponibilidad de automóviles ha permitido una mayor movilidad individual, que sumada al crecimiento de la población de las ciudades, la menor cantidad de habitantes por hogar y la escasa aplicación de políticas estructuradas de transporte urbano, ha potenciado la congestión. Aunque la mayor movilidad individual facilitada por el automóvil pueda considerarse positiva, tiene como contrapartida un uso más intensivo del espacio destinado a la circulación. Bull (2003).

La consecuencia más evidente de la congestión es el incremento de los tiempos de viaje, especialmente en las horas punta, que alcanza en algunas ciudades niveles bastante superiores a los considerados

aceptables. Además, la lentitud de desplazamiento exagera los ánimos y fomenta el comportamiento agresivo de los conductores. Otro resultado es la agudización de la contaminación ambiental. Su relación con la congestión es un aspecto que aún requiere ser estudiado en mayor profundidad, si bien existen valiosos antecedentes obtenidos en algunas ciudades de América Latina. La polución afecta la salud de todos, por lo que debiera ser mantenida por debajo de exigentes límites. Sin embargo, no sólo debe pensarse en la contaminación local, pues los vehículos emiten también gases de efecto invernadero, lo que otorga al tema una dimensión global que no puede obviarse.

A lo señalado deben agregarse otros importantes efectos perjudiciales, tales como mayor cantidad de accidentes, aumento del consumo de combustibles en el transporte y, en general, de los costos operacionales de los vehículos. Agrava la situación el hecho de que la congestión perjudica no sólo a los automovilistas, sino también a los usuarios del transporte colectivo, que en los países en vías de desarrollo son personas de ingresos menores; además de magnificar sus tiempos de viaje, tiene un resultado posiblemente aún más lamentado, cual es hacer subir el valor de los pasajes.

Sin embargo, no cualquier grado de congestión es indeseable. Es preferible tolerar un cierto nivel, antes que adoptar medidas que importen un costo mayor. Mal que mal, la congestión es manifestación de actividad e intentar suprimirla por completo podría significar inversiones desproporcionadas en la red vial o perjudicar notablemente emprendimientos de variada índole.

Está claro que la congestión aguda acarrea fuertes consecuencias negativas directas, aunque otras mucho más generales y preocupantes se ciernen sobre las urbes que la sufren. Bull (2003).

## **2.3 Marco conceptual**

### **2.3.1 Vulnerabilidad**

La vulnerabilidad da una idea de la sensibilidad de las personas, de los sistemas económicos y de los ecosistemas, de ser potencialmente afectados. El concepto de vulnerabilidad, tal como lo describe la Real Academia de la Lengua Española (RAE,2012),se refiere a la cualidad de vulnerable, es decir a la posibilidad de ser herido o recibir alguna lesión física o moral. Por otra parte, la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (ONU/EIRD, 2004), indica que vulnerabilidad es una “condición determinada por factores o procesos físicos, sociales, económicos y ambientales, que aumentan la susceptibilidad de una comunidad al impacto por amenazas”. Para el IPCC Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (2007;2012) “la vulnerabilidad es el grado al cual un sistema es susceptible e incapaz de hacer frente a los efectos adversos del cambio climático, incluyendo la variabilidad climática y los extremos”. La vulnerabilidad debe analizarse como una condición sistémica, multifactorial, multisectorial, multitemporal y multiescalar, y al igual que el peligro, la vulnerabilidad es dinámica. La exposición es un factor que genera vulnerabilidad, de tal forma que si no hay exposición a un fenómeno específico no existe riesgo. En el presente documento se trabaja con el concepto de riesgo, como la combinación del peligro y la vulnerabilidad, y en este sentido, un sistema es vulnerable en la medida en que esté expuesto a un peligro. Victor Magaña,(2012).

Es común el uso de indicadores relacionados con factores físicos, sociales y económicos para caracterizar la vulnerabilidad. Por ejemplo, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), determinó que la relación entre densidad de población (factor social) y del Producto Interno Bruto (PIB) (factor económico) puede proporcionar

información para la caracterización de la vulnerabilidad de las personas ante condiciones climáticas extremas. Los indicadores, convertidos en índices pueden llevar a una cuantificación de la vulnerabilidad y de su dinámica. Victor Magaña,(2012).

### **Lo necesario para hacer un análisis de vulnerabilidad**

El primer paso está en reconocer la importancia de la vulnerabilidad como elemento clave para estimar los potenciales impactos del cambio climático, y la necesidad de cuantificarla a través de datos, es decir, es conveniente pasar del “somos muy vulnerables” al, “somos vulnerables en X medida”, de manera que se eliminen generalidades o ambigüedades sobre quién o qué es más vulnerable. En seguida es necesario contar con conocimiento del objeto de estudio y su dinámica, de forma que se pueda construir un modelo conceptual sobre su relación con el clima, a lo largo de la historia. Así, se construye un diagnóstico sobre las causas de la vulnerabilidad y los factores que permitan caracterizarla para construir proyecciones del futuro cercano. La capacidad de crear en forma lógica un modelo de vulnerabilidad a través de indicadores es la parte más importante del proceso. Poner a prueba el modelo de vulnerabilidad, requerirá estimar el riesgo reciente y comparar con la historia de impactos cuando se presentan amenazas climáticas por encima de un valor crítico. Victor Magaña,(2012).

En el caso del estudio no se trata de cambio climático sino de analizar los indicadores que permiten la vulnerabilidad de la infraestructura vial ante el incremento del parque automotor de la ciudad de Cajamarca, parámetros que se describen en la matriz de consistencia del estudio y que son posibles de medir en la realidad.

### **Lo que se hace con el diagnóstico de vulnerabilidad**

La claridad en la identificación de la dinámica de los factores de riesgo, y en particular los que generan vulnerabilidad, permitirá encontrar los elementos que pueden cambiarse mediante la adaptación. El proceso de diagnóstico e identificación de sectores, regiones o grupos sociales en condición de vulnerabilidad y riesgo ante cambio climático ofrece una perspectiva de cómo prevenir impactos negativos mediante la adaptación. La prevención se convierte así, en política de trabajo en diversos sectores y regiones, tratando de priorizarla por encima de la respuesta y recuperación del desastre. Una buena gestión de riesgo preventiva se traducirá en seguridad de las personas y en mejores condiciones para el desarrollo. Victor Magaña,(2012).

Para el estudio la buena identificación y análisis de la vulnerabilidad permitirá tomar decisiones sobre la respuesta al impacto negativo que genera la alta vulnerabilidad de las vías en la ciudad ante el aumento excesivo del parque automotor, de manera que se puedan plantear soluciones a corto, mediano y largo plazo.

### **Aproximaciones a la estimación de la vulnerabilidad**

Con frecuencia, las condiciones de vulnerabilidad se estiman con base a la experiencia de quien las califica, casi siempre de forma subjetiva, ya que no existen criterios establecidos para su cuantificación. Los trabajos de agencias encargadas de la protección civil, o del desarrollo social, han llevado a considerar diversas formas de expresar la vulnerabilidad, pero no siempre han logrado conjuntar los elementos físicos, económicos y sociales en forma dinámica, como para hacer una proyección cuantitativa a 20 o 30 años, necesaria para estimar el riesgo ante cambio climático. Cuantificar la vulnerabilidad a cambio climático permite priorizar acciones de adaptación y darles seguimiento de forma que se demuestre que éstas



cumplen su cometido de reducir el riesgo cuando el peligro aumenta. Son pocos los ejercicios desarrollados que evalúan la vulnerabilidad para proponer la magnitud de la adaptación que mantenga el riesgo en niveles tolerables, aun bajo cambio climático. La gestión del riesgo no se limita a la evaluación de los peligros y la vulnerabilidad, sino que debe incluir su manejo, y para ello la participación de actores clave y sociedad en general es parte fundamental. Un esquema adecuado de comunicación del riesgo abre la posibilidad de lograr la aceptación de las propuestas de adaptación al cambio climático. Víctor Magaña,(2012).

### **Elementos para evaluar la vulnerabilidad**

La vulnerabilidad está caracterizada por la exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa de cada sistema a la variabilidad climática, a los eventos extremos y al cambio climático (IPCC, 2007). La vulnerabilidad describe un conjunto de condiciones de las personas o sistemas que derivan de los contextos históricos y culturales predominantes, sociales, ambientales, políticos y económicos (IPCC, 2012). Con base en las consideraciones anteriores se establece que: *“La vulnerabilidad es el conjunto de condiciones físicas, sociales y económicas que inciden en la posibilidad de afectación de las personas, de un sistema social y/o natural, debido a la ocurrencia de fenómenos naturales, y que están en relación con su exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa”*. Ante cambio climático se requiere estimaciones del peligro y de la vulnerabilidad, y como toda proyección a futuro, lleva asociado un grado de incertidumbre. Víctor Magaña,(2012).

Estimarlo es complicado, pero siempre se espera que la magnitud de la incertidumbre sea menor que la señal. La estimación de la incertidumbre en los escenarios de vulnerabilidad es difícil y por lo mismo, es un tema poco abordado. Después de todo, la vulnerabilidad futura dependerá de

decisiones humanas difíciles de definir. Se puede generar un abanico de posibilidades de condiciones de vulnerabilidad futura y su rango reflejará la incertidumbre asociada, de forma similar a como se trabaja la incertidumbre en las proyecciones del clima. Para el análisis de la vulnerabilidad a cambio climático se puede seguir una secuencia en el diagnóstico reconociendo que: *No existe una metodología universalmente aceptada para cuantificar la vulnerabilidad futura que, en conjunto con proyecciones del clima, permita estimar el riesgo que se enfrentará bajo cambio climático.* Victor Magaña,(2012).

El concepto de vulnerabilidad ha penetrado con fuerza desde hace unos años en el análisis de los potenciales impactos de cambio climático, convirtiéndolo en esencial para poder diseñar y orientar adecuadamente las políticas públicas en materia de adaptación. *La aproximación al problema de establecer la vulnerabilidad debe transitar por tres preguntas básicas que son: Vulnerable ¿a qué?, ¿Quién o qué es vulnerable?, ¿Por qué es vulnerable?, Vulnerable ¿a qué?;* Condiciona a reconocer la dinámica de los factores de peligro que existen en el entorno y su relación geoespacial con la población, permitiendo estimar el nivel de exposición, con base en la proximidad al sitio donde se presente el evento o a las zonas afectables. Victor Magaña,(2012).

#### **¿Quién o qué es vulnerable?**

Lleva a analizar las condiciones de sensibilidad de individuos regiones o sectores, a partir de la caracterización del objeto de análisis, así como las relaciones que guarda con el peligro. Victor Magaña,(2012). En el estudio es vulnerable la infraestructura vial de un tramo de la vía de evitamiento de la ciudad de Cajamarca.

### **¿Por qué es vulnerable?**

Es la clave en el diagnóstico de la vulnerabilidad, pues implica el análisis de los factores que hacen a los sistemas afectables, reconociendo sus capacidades de adaptación. Para lograr una reducción de las pérdidas que ocasionan los desastres, y para construir comunidades y regiones con baja vulnerabilidad, es necesario trascender de la evaluación cualitativa a una cuantitativa, que permita dar seguimiento a las aspiraciones de desarrollo sostenible (ONU/EIRD, 2004). El enfoque cualitativo es inductivo y se sustenta en la expansión de los datos o de la información con procesos de investigación interpretativos, que parten de observaciones no siempre estructuradas, entrevistas abiertas, revisión de documentos, discusiones en grupo o evaluación de experiencias. Se puede decir que la evaluación cualitativa de las condiciones de vulnerabilidad no es siempre consistente, sobre todo cuando al ser desarrollada desde diferentes puntos de vista, lleva a apreciaciones contrastantes. Victor Magaña,(2012).

El enfoque cuantitativo es deductivo, pretende acotar la información, y se asocia con experimentos diseñados, encuestas con preguntas cerradas e instrumentos de medición estandarizados. Establecer las condiciones para desarrollar la evaluación de la vulnerabilidad con una visión cuantitativa, permite homologar la información obtenida por diversos investigadores, unificar criterios de medición y calificar objetivamente las condiciones de vulnerabilidad ante los efectos de los fenómenos naturales. Este enfoque es el que se recomienda cuando se trata de dar seguimiento a la dinámica de la vulnerabilidad y de construir escenarios de su condición futura. Victor Magaña,(2012). En el estudio se optó por realizar este enfoque, es decir se pudo realizar mediciones de los indicadores de la vulnerabilidad planteadas en la matriz de consistencia.

## **ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD**

Este análisis consiste en identificar las vulnerabilidades asociadas a la exposición, fragilidad y falta de resiliencia de los proyectos de carreteras.

El análisis de vulnerabilidad será realizado conforme las actividades que se enumeran a continuación, Palma J. (2012):

### **Análisis de vulnerabilidad por exposición**

La exposición de los proyectos está estrechamente relacionada con su micro localización.

#### **Zonas de localización**

Zona de dominio público, comprende los terrenos ocupados por las carreteras y sus elementos funcionales. Los elementos funcionales son, entre otros, las áreas destinadas al descanso, estacionamiento, auxilio y atención médica de urgencia, peaje, parada de autobuses y otros fines auxiliares o complementarios. Palma J. (2012)

Zona de servidumbre, consiste en dos franjas de terreno situadas a ambos lados de la misma, cuyo límite se encuentra a una distancia de veinticinco metros en autopistas, autovías y vías rápidas y de ocho metros en el resto de las carreteras, medidas desde el final de la zona de dominio público (derecho de vía). Palma J. (2012)

Zona de afección, las zonas de afección consisten en dos franjas de terreno a ambos lados de la carretera que llegan hasta cien metros en autopistas, autovías y vías rápidas y cincuenta metros en el resto de las carreteras, más allá del final de las zonas de servidumbre. Palma J. (2012)

Línea de edificación, a ambos lados de las carreteras se establece la línea límite de edificación, desde la cual queda prohibido cualquier tipo de obra de construcción, reconstrucción o ampliación, a excepción de las

que sean imprescindibles para la conservación y mantenimiento de las construcciones existentes. Palma J. (2012)

Línea de servicios generales, a ambos lados de la carretera, y en una franja de terreno de cuatro metros de anchura situados con inmediación a la línea exterior de servidumbre hacia la carretera. Se establece la denominada línea de servicios generales destinada a servir de alojamiento a los servicios públicos no directamente relacionados con el servicio de la carretera.

Los elementos de una carretera se pueden clasificar como estructurales, siendo aquellos en los cuales se desplazará el tránsito y que necesitan un diseño especializado. Palma J. (2012)

#### **Análisis de la vulnerabilidad por fragilidad**

La fragilidad del proyecto a sufrir daños está estrechamente vinculada con vulnerabilidad física de las carreteras; es decir, con las deficiencias de las carreteras en poseer estructuras físicas para absorber los efectos de las amenazas: frente al riesgo de terremoto, por ejemplo, la fragilidad física se traduce en la ausencia de estructuras sismoresistentes en las carreteras. Palma J. (2012)

#### **Análisis de vulnerabilidad por falta de resiliencia**

La falta de resiliencia del proyecto está estrechamente vinculada con el mantenimiento y recuperación de la infraestructura, la organización social para las emergencias, y la capacitación e investigación. Palma J. (2012)

#### **Historia y tendencias de la vulnerabilidad**

A diferencia de la evaluación de la vulnerabilidad actual ante variabilidad climática, construir escenarios de vulnerabilidad bajo cambio climático requiere proyectar a futuro las condiciones que la generan. Dado que no existen reglas deterministas para el comportamiento de la sociedad, una estrategia adecuada para su proyección es comprender la dinámica de la

vulnerabilidad a través de la historia. Cualquier extrapolación de una variable conlleva un nivel de incertidumbre que crece conforme se amplía el plazo de la proyección. Por ello, es recomendable hacer extrapolaciones de los factores de vulnerabilidad por un plazo equivalente al de su historia. Así, un indicador de vulnerabilidad con historia de los últimos diez años podría extrapolarse en un plazo equivalente o mayor considerando el incremento de incertidumbre que esto significa. Victor Magaña,(2012).

La historia de los indicadores de vulnerabilidad permite analizar con qué facilidad varía el indicador en el tiempo, su tendencia reciente, o la importancia que tiene. La flexibilidad de los indicadores da una idea sobre el tipo de acción que podría cambiar la vulnerabilidad en el corto plazo. La tendencia de los indicadores también permitiría proponer hacia dónde iría la vulnerabilidad si no se implementan acciones de adaptación, lo que se puede considerar una línea de referencia base. Finalmente, y en caso de que el índice de vulnerabilidad se construya a través de promedios ponderados de indicadores, se puede proponer cuál de estos (factores de vulnerabilidad) se considera de más importancia a futuro. Victor Magaña,(2012).

Los censos de población que caracterizan la condición socioeconómica por región, los indicadores de desarrollo o de rezago, el monitoreo ambiental relacionado con la condición de uso o de fertilidad de suelos, de crecimiento urbano, la vigilancia sobre disponibilidad de agua y su manejo, el seguimiento de los rendimientos agrícolas o de áreas siniestradas, las estadísticas de las condiciones de salud de la población, entre otras fuentes de datos, tienen una historia reciente con información periódica que permite construir indicadores, su historia y sus tendencias. Es claro que la tendencia proyectada a un muy largo plazo tendrá mucha

más incertidumbre que a un corto plazo. Por ello, los indicadores con gran flexibilidad tendrán un horizonte de proyección más corto que aquéllos que son muy rígidos. Por ello se sugiere que las proyecciones de vulnerabilidad se trabajen a una o dos décadas, lo cual coincide con las tendencias del IPCC de analizar impactos del cambio climático a corto plazo (IPCC, 2007); o a un plazo mayor considerando el incremento de incertidumbre. En el caso de la medida de los impactos se debe pensar en datos que midan el daño, como son porcentaje de hectáreas siniestradas, número de personas afectadas, o pérdidas económicas. La disponibilidad de este tipo de datos para años recientes será esencial para analizar la historia del riesgo y de los impactos. Victor Magaña,(2012).

### **ESTRATIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD**

Para fines de Estimación del Riesgo, la vulnerabilidad puede estratificarse en cuatro niveles: bajo, medio, alto y muy alto, cuyas características y su valor correspondiente se detallan en un cuadro, que se miden de 0 a 1 expresados en porcentaje INDECI (2006). Para el estudio se ha considerado este cuadro como la matriz o escala cromática de vulnerabilidad, donde se establece las características para cada nivel de vulnerabilidad posible de encontrar en una infraestructura vial existente.

## Matriz o escala Cromática de Vulnerabilidad para la Infraestructura vial

Nivel Bajo	Nivel Medio	Nivel Alto	Nivel Muy Alto
0 % - 15 %	16 % - 35 %	36 % - 65 %	66 % - 100 %
<p>AMARILLO</p> <p><math>0 &lt; AG &lt; 0.15 L</math></p> <p><math>0 &lt; Sd &lt; 0.10 S</math></p> <p>NS: <b>A,B</b></p> <p><math>Vm &gt; 30 \text{ km/h}</math></p> <p><b>Ma</b></p> <p>Capacidad y nivel de servicio adecuada, señalización horizontal y vertical adecuada, sin uso de área para estacionamiento.</p>	<p>VERDE</p> <p><math>0.150 L &lt; AG &lt; 0.30 L</math></p> <p><math>0.10 S &lt; Sd &lt; 0.30 S</math></p> <p>NS: <b>B,C</b></p> <p><math>25 \text{ km/h} &lt; Vm &lt; 30 \text{ km/h}</math></p> <p><b>Ma</b></p> <p>Capacidad y nivel de servicio adecuada, señalización horizontal y vertical medianamente adecuada, sin uso de área para estacionamiento.</p>	<p>ANARANJADO</p> <p><math>0.30 L &lt; AG &lt; 0.60 L</math></p> <p><math>0.30 S &lt; Sd &lt; 0.60 S</math></p> <p>NS: <b>C</b></p> <p><math>20 \text{ km/h} &lt; Vm &lt; 30 \text{ km/h}</math></p> <p><b>Mi</b></p> <p>Capacidad y nivel de servicio inadecuada, señalización horizontal y vertical inadecuada, uso de área para estacionamiento menor a <math>0.05 S</math>.</p>	<p>ROJO</p> <p><math>0.60 L &lt; AG &lt; 0.90 L</math></p> <p><math>0.60 S &lt; Sd &lt; 0.90 S</math></p> <p>NS: <b>D,E,F</b></p> <p><math>11 \text{ km/h} &lt; Vm &lt; 20 \text{ km/h}</math></p> <p><b>Mi</b></p> <p>Capacidad y nivel de servicio inadecuada, señalización horizontal y vertical inadecuada, uso de área para estacionamiento mayor a <math>0.05 S</math>.</p>

Donde: **L** es longitud total de la vía ; **AG** es agrietamiento; **S** es superficie útil total de la vía; **Sd** es superficie dañada de la vía; **Ma** es pendiente adecuada; **Mi** es pendiente inadecuada; **Vm** es velocidad de marcha según el nivel de servicio; **NS** es nivel de servicio.

Fuente: Elaboración Propia

### 2.3.2 Capacidad vial

Para determinar la capacidad de un sistema vial, rural o urbano, no sólo es necesario conocer sus características físicas o geométricas, sino también las características de los flujos vehiculares.

Un estudio de capacidad de un sistema vial es al mismo tiempo un estudio cuantitativo y cualitativo el cual permite evaluar la suficiencia y la calidad del servicio ofrecido por el sistema (oferta) a los usuarios (demanda). Sangay (2015).

Teóricamente la capacidad ( $q_{m\acute{a}x}$ ) se define como la tasa máxima de flujo que puede soportar una carretera o calle. De manera particular, *la capacidad de una infraestructura vial es el máximo número de vehículos o peatones que pueden pasar por un punto o sección uniforme de un carril o calzada durante un intervalo de tiempo dado*, bajo las condiciones prevalecientes de la infraestructura vial, del tránsito y de los dispositivos de control. Sangay (2015).



### 2.3.3 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:

$$Q = N/T \quad \dots (1)$$

Donde:

$Q$  = vehículos que pasan por unidad de tiempo (vehículo /periodo)

$N$  = número total de vehículos que pasan (vehículos)

$T$  = periodo determinado (unidad de tiempo) Sangay (2015).

#### **Volúmenes de tránsito absoluto o totales**

Es el número total de vehículos que pasan durante el paso de tiempo determinado. Dependiendo de la duración del lapso de tiempo determinado, se tiene los siguientes volúmenes de tránsito absolutos o totales: Sangay (2015).

- 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 al de una hora. En este caso,  $T < 1$  hora.

En todos los casos anteriores, los periodos 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 periodos en minutos seguidos inferiores a una hora. Sangay (2015).

### **Volumen de tránsito promedio diario**

Se define volumen de tránsito promedio diario (TPD), como el número total de vehículos que pasan un periodo dado (en días completos) igual o menor a un año y mayor que un día, dividido entre el número de días del periodo. De acuerdo al número de días de este periodo, se presentan los siguientes volúmenes de tránsitos promedio diarios, dados en vehículos por día: Sangay (2015).

- Tránsito promedio diario anual (TPDA)  $TPDA = TA/365$
- Tránsito promedio diario mensual (TPDM)  $TPDA = TM/30$
- Tránsito promedio diario semanal (TPDS)  $TPDA = TS/7$

### **Volúmenes de tránsito horarios**

Con base en la hora seleccionada, se define los siguientes volúmenes de tránsito horarios, dados en vehículos por hora:

- Volumen horario máximo anual (VHMA)

Es el máximo volumen horario que ocurre en un punto o sección de un carril o de una calzada durante un año determinado. En otras palabras, es la hora de mayor volumen de las 8 760 horas del año.

- Volumen horario de máxima demanda u hora punta (VHP)

Es el máximo número de vehículos que pasan por un punto o sección de un carril o de una calzada durante 60 minutos consecutivos. Es el representativo de los periodos de máxima demanda que se pueden presentar durante un día en particular. Sangay (2015).

#### **2.3.4 Características del volumen de tránsito**

Los volúmenes de tránsito siempre deben ser considerados como dinámicos, por lo que solamente son precisos para el periodo 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 del tránsito y labor preventiva, así como las de conservación. Sangay (2015).

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. Sangay (2015).

#### **Variación del volumen de tránsito en la hora punta o de máxima demanda.**

En zonas urbanas, la variación de los volúmenes de tránsito dentro de una misma hora de máxima demanda, para una calle o intersección específica, puede llegar a ser repetitiva y consistente durante varios días de la semana. Sin embargo, puede ser bastante diferente de un tipo de calle o intersección a otro, para el mismo periodo máximo. En cualquiera

de estos casos, es importante conocer la variación del volumen dentro de las horas de máxima demanda y cuantificar la duración de los flujos máximos, para así realizar la planeación de los controles del tránsito para estos periodos durante el día, tales como prohibición de estacionamientos, prohibición de ciertos movimientos de vuelta y disposición de los tiempos de los semáforos. Sangay (2015).

Un volumen horario de máxima demanda, a menos que tenga una distribución uniforme, no necesariamente significa que el flujo sea constante durante toda la hora. Esto significa que existen periodos cortos dentro de la hora con tasas de flujo muchos mayores a las de la hora misma. Para la hora de máxima demanda, se llama factor de la hora de máxima demanda (FHP), a la relación entre el volumen horario de máxima demanda (VHP), y el flujo máximo ( $q_{\max}$ ), que se presenta durante un periodo dado dentro de dicha hora. Matemáticamente se expresa como:

$$FHP = VHP / N (q_{\max}) \quad \dots (2)$$

Donde:

$N$  = número de periodos durante la hora de máxima demanda.

Los periodos dentro de la hora de máxima demanda pueden ser de 5, 10 ó 15 minutos, utilizándose éste último con mayor frecuencia, en cuyo caso el factor de la hora de máxima demanda es:

$$FHP = VHP / 4(q_{\max 15}) \quad \dots (3)$$

El factor de la hora punta es un indicador de las características del flujo de tránsito en periodos máximos. Indica la forma como están distribuidos los flujos máximos dentro de la hora. Su mayor valor es la unidad, lo que significa que existe una distribución uniforme de flujos máximos durante toda la hora. Valores bastantes menores que la unidad indican

concentraciones de flujos máximos en periodos cortos dentro de la hora. Sangay (2015).

### **Variación horaria del volumen de tránsito**

Las variaciones de los volúmenes de tránsito a lo largo de las horas del día, dependen del tipo de ruta, según las actividades que prevalezcan en ella, puesto que hay rutas de tipo turístico, agrícola, comercial.

En zonas agrícolas las variaciones horarias dentro de la época de cosecha son extraordinarias; puede ser que ciertas horas de la noche no haya absolutamente ningún vehículo y, sin embargo, a determinadas horas del día hay tal cantidad de vehículos que pueden llegar a saturar, por ejemplo, una carretera de dos carriles. En el caso de una carreteras de tipo turístico, durante los días entre semana existe un tránsito más o menos normal a lo largo de todas las horas, pero los sábados y domingos puede llegar a volúmenes sumamente altos, encontrándose varias horas del día con demandas máximas. Sangay (2015).

En las ciudades se tiene una variación típica de la siguiente manera: la madrugada empieza con bajo volumen de vehículos, el cual se va incrementando hasta alcanzar cifras máximas entre las 7:30 y las 9:30 horas. De las 9:30 a las 13:00 horas vuelve a bajar y empieza a ascender para llegar a otro máximo entre las 14:00 y las 15:00 horas. Vuelve de nuevo a disminuir entre las 14:00 y las 17:00, cuando` asciende otra vez para alcanzar un tercer valor máximo entre las 17 y las 20 horas. De esta hora en adelante tiende a bajar al mínimo en la madrugada. Sangay (2015).

### **Variación diaria del volumen de tránsito**

Se han estudiado cuales son los días de la semana que llevan los volúmenes normales de tránsito. Así, para las carreteras principales de lunes a viernes los volúmenes son muy estables, los máximos se

registran durante el fin de semana. En carreteras secundarias del tipo agrícola, los máximos volúmenes se presentan entre semana. En las calles de la ciudad la variación diaria no es muy pronunciada entre semana, bajando por lo general los fines de semana. Sangay (2015).

### **Variación mensual del volumen de tránsito**

Hay meses que las calles y carretera llevan mayores volúmenes que otros, presentando variaciones notables. Los más altos volúmenes de tránsito se registran en Semana Santa, en las vacaciones escolares y a fin de año por las fiestas y vacaciones navideñas del mes de diciembre. Por esta razón los volúmenes de tránsito promedio diarios que caracterizan cada mes son diferentes, dependiendo también en cierta manera, de la categoría y del tipo de servicio que prestan las calles y carreteras. Sin embargo, el patrón de variación de cualquier vialidad no cambia grandemente de año a año, a menos que ocurran cambios importantes en su diseño, en los usos de la tierra, o se construyan nuevas calles o carreteras que funciones como alternas. Sangay (2015).

### **2.3.5 Velocidad**

La velocidad se ha convertido en uno de los principales indicadores utilizado para medir la calidad de la operación a través de un sistema de transporte. A su vez, los conductores, considerados de una manera individual, miden parcialmente la calidad de su viaje por su habilidad y libertad en conservar uniformemente la velocidad deseada. Se sabe, además, por experiencia que el factor más simple a considerar en la selección de una ruta específica para ir de un origen a un destino, consiste en la minimización de las demoras, lo cual obviamente se logrará con una velocidad buena y sostenida y que ofrezca seguridad. Esta velocidad está bajo el control del conductor, y su uso determinará la

distancia recorrida, el tiempo de recorrido y el ahorro de tiempo, según la variación de ésta. Sangay (2015).

La importancia de la velocidad, como elemento básico para el proyecto de un sistema vial, queda establecida por ser un parámetro de cálculo de la mayoría de los demás elementos del proyecto. Finalmente, un factor que hace a la velocidad muy importante en el tránsito es que la velocidad de los vehículos actuales ha sobrepasado los límites para los que fue diseñada la carretera actual y las calles, por lo que la mayor parte de los reglamentos resultan obsoletos. Sangay (2015).

Así, por todas las razones anteriores, la velocidad debe ser estudiada, regulada y controlada con el fin de que origine un perfecto equilibrio entre el usuario, el vehículo y la vía, de tal manera que siempre se garantice la seguridad. Sangay (2015).

### **Velocidad en general**

En general, el término velocidad se define como la relación entre el espacio, recorrido y el tiempo que se tarda en recorrerlo. Es decir, para un vehículo representa su relación de movimiento, generalmente expresada en kilómetros por hora (km/h). Sangay (2015).

Para el caso de una velocidad constante, ésta se define como una función lineal de la distancia y el tiempo, expresada por la fórmula:

$$V = d/t \quad \dots (4)$$

Donde:

$v$  = velocidad constante (kilómetros por hora)

$d$  = distancia recorrida (kilómetros)

$t$  = tiempo de recorrido (horas)

### **Velocidad de recorrido**

Llamada también velocidad global o de viaje, es el resultado de dividir la distancia recorrida, desde principio a fin del viaje, entre el tiempo total que

se empleó en recorrerla. En el tiempo total de recorrido están incluidas todas aquellas demoras operacionales por reducciones de velocidad y paradas provocadas por la vía, el tránsito y los dispositivos de control ajenos a la voluntad del conductor. No incluye aquellas demoras fuera de la vía, como pueden ser las correspondientes a gasolineras, restaurantes, lugares de recreación. Sangay (2015).

Para todos los vehículos o para un grupo de ellos, la velocidad media de sus recorridos es la suma de sus distancias recorridas dividida entre la suma de los tiempos totales de viaje. Si todos o el grupo de vehículos recorren la misma distancia, la velocidad media de recorrido se obtiene dividiendo la distancia recorrida entre el promedio de los tiempos de recorrido. Así, puede verse que la velocidad media de recorrido es una velocidad media espacial o con base en la distancia. Sangay (2015).

La velocidad de recorrido sirve principalmente para comparar condiciones de fluidez en ciertas rutas; ya sea una con otra, o bien, una misma ruta cuando se han realizado cambios para medir los efectos.

### **Velocidad de marcha**

Para un vehículo, la velocidad de marcha o velocidad de cruce, es el resultado de dividir la distancia recorrida entre el tiempo durante el cual el vehículo estuvo en movimiento. Para obtener la velocidad de marcha en un viaje normal, se descontará del tiempo total de recorrido, todo aquel tiempo que el vehículo se hubiese detenido, por cualquier causa. Por tanto, esta velocidad por lo general, será de valor superior a la de recorrido. Sangay (2015).

### **Velocidad de proyecto**

Llamada también velocidad de diseño, es la velocidad máxima a la cual pueden circular los vehículos con seguridad sobre una sección específica de una vía, cuando las condiciones atmosféricas y del tránsito son tan



favorables que las características geométricas del proyecto gobiernan la circulación. Todos aquellos elementos geométricos del alineamiento horizontal, vertical y transversal, tales como radios mínimos, pendientes máximas, distancias de visibilidad, sobreelevaciones, anchos de carriles y acotamientos, anchuras y alturas libres; dependen de la velocidad de proyecto y varían con un cambio de esta. Sangay (2015).

La selección de la velocidad de proyecto depende de la importancia o categoría de la futura vía, de los volúmenes de tránsito que va a mover, de la configuración topográfica de la región, del uso del suelo y de la disponibilidad de recursos económicos. Sangay (2015).

Al proyectar un tramo de una vía, es conveniente, aunque no siempre factible, mantener un valor constante para la velocidad de proyecto. Sin embargo, los cambios drásticos en condiciones topográficas y sus limitaciones mismas, pueden obligarse a usar diferentes velocidades de proyecto para distintos tramos. Sangay (2015).

En Estados Unidos y en Europa se han usado velocidades de proyecto máximas hasta de 140km/h. Sin embargo, hay una tendencia a reducirlas a 120 km/h (Europa) y 112km/h (EE.UU.).

Una razón fundamental para no usar velocidades de proyecto muy altas son los pequeños ahorros de tiempo de viaje que se logran, en comparación con lo que sufre el costo de la obra. Sangay (2015).

#### **2.3.6 Niveles de servicio de una vía**

Para medir la calidad de flujo en una vía se usa el concepto de Nivel de Servicio (NS). Es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular y de su percepción por los conductores y pasajeros. Estas condiciones se describen en términos de velocidad y tiempo de recorrido, libertad de maniobras, comodidad, conveniencia y seguridad vial. Sangay (2015).

Se califican seis niveles de servicio designados por *A, B, C, D, E* y *F*.

**El nivel A**, se caracteriza por condiciones de flujo libre, volúmenes bajos y velocidades altas. No hay restricciones por presencia de otros vehículos. Las demoras son muy pocas, están por debajo de los 5 segundos por vehículo. En un tramo de vía urbana las velocidades son mayores a 40 Km/h. Sangay (2015).

**El nivel B**, describe operaciones con demoras superiores a 5 segundos hasta 15 segundos. Esto ocurre generalmente con una buena progresión semafórica o con ciclos cortos, o ambas cosas a la vez. Este nivel representa una circulación con una carencia de obstáculos razonables a unas velocidades medias de recorrido de entre 30 y 40 Km/h. La capacidad para maniobrar dentro de la corriente de circulación solo se ve ligeramente restringida. Sangay (2015).

**El nivel C**, es un nivel intermedio, con flujos estables, pero la velocidad y la libertad de movimiento son controlados por las condiciones del tráfico. Muchos conductores no tienen libertad de elección de carril o de velocidad, habiendo también restricciones en lo referente al sobrepaso. La velocidad de operación es satisfactoria, las Demoras, están en el rango de 15 hasta 25 segundos por vehículo. En una vía urbana las velocidades varían entre 20 y 30 Km/h. Sangay (2015).

**En el nivel D**, se hace más notable la influencia de la congestión. Se pueden producir demoras más prolongadas debido a alguna combinación de progresión desfavorable, duraciones de ciclos prolongadas o altos grados de saturación. Muchos vehículos se detienen. Las demoras se encuentran entre 25 y 40 segundos. Pequeños incrementos de flujo pueden causar incrementos importantes en las demoras y descenso de la velocidad arterial menores a 20 Km/h y hasta 14 Km/h. Sangay (2015).

**El nivel E**, describe demoras superiores a 40 segundos y menores a 60 segundos por vehículo. Por lo general, se considera este nivel como el límite de la demora aceptable. Estos altos valores de demora generalmente indican un avance lento, largas duraciones de ciclo y grados de saturación altos. En vías urbanas las velocidades fluctúan entre 11 y 14 Km/h. Sangay (2015).

**El nivel F**, es el nivel más bajo, con flujos forzados, velocidades bajas y con volúmenes encima de la capacidad. Estas condiciones son resultado de bloqueo a la corriente, ocasionando la formación de colas. Las demoras son excesivas por encima de los 60 segundos por vehículo. Las velocidades en un eje vial son menores a 11 Km/h. Sangay (2015).

### **2.3.7 Características básicas de una vía**

Los segmentos básicos de autopistas, son secciones de dos o más carriles por sentido con control de accesos, que no son afectados ni por los movimientos de convergencia o divergencia en rampas de enlace cercanas ni por movimientos de entrecruzamientos.

Las características básicas se estiman para un conjunto de condiciones ideales, definidas como sigue: Sangay (2015).

- Carriles con anchura mínima de 3.60 metros
- Distancias laterales libres de obstáculos de 1.80m como mínimo, medidas libres desde la calzada hasta el obstáculo u objeto. ciertos tipos de barreras situadas en la faja separada no representa un “obstáculo”, aunque estén a una distancia del borde del pavimento inferior a 1.80m.
- Todos los vehículos de la corriente de tránsito son vehículos livianos (automóviles)
- El conductor característico es el de un día laborable

Cualquier condición *prevaleciente* (real) que difiera de la *ideal*, ocasionará cambios en la capacidad y los niveles de servicio. Los factores que afectan a la circulación ideal son:

**Ancho de carril y obstáculos laterales:**

Cuando las anchuras de los carriles son inferiores a 3.60m, los conductores se ven forzados a viajar guardando entre una distancia lateral inferior a la deseada. Los conductores tienden a compensar esto, manteniendo mayores espaciamientos entre los vehículos del mismo carril. Igualmente, cuando existen obstáculos laterales demasiado cercanos al borde de la calzada, los conductores tienden a “adelantarse” de ellos. Esto tiene el mismo efecto que en un carril estrecho, obligando normalmente a los conductores a viajar más cerca uno del otro en sentido lateral. Nuevamente, los conductores en general compensando esto guardando mayores distancias entre los vehículos del mismo carril. Cuando los conductores conservan mayores espaciamientos o intervalos para una velocidad dada, la tasa de flujo alcanzada decrece, lo mismo que la capacidad. Sangay (2015).

**Velocidad de proyecto reducida:**

La reducción de la velocidad de proyecto a valores inferiores a 112 km/h tiene un gran impacto en la operación del tránsito. Como los trazados más restrictivos requieren una mayor atención por parte del conductor, la velocidad real para cualquier volumen será generalmente inferior a las existentes en segmentos similares con velocidad de proyecto de 112 km/h. Sangay (2015).

**Camiones, autobuses y vehículos recreativos:**

La presencia de otros vehículos son más grandes que los vehículos livianos y, por lo tanto, ocupan más espacio, y sus características de operación (aceleración, deceleración, posibilidad de mantener una

velocidad, etc.) son generalmente inferiores a las de los vehículos livianos. Sangay (2015).

#### **Características de la población de conductores:**

Cualquier otro tipo de conductores que no viajen habitualmente en días laborables, no presentan las mismas características. Eso es, conductores que viajan los domingos, en plan de recreación, operan con mucho menos eficiencia. Sangay (2015).

### **2.3.8 La condición de las vías y las prácticas de conducción contribuyen a la congestión**

#### **La vialidad de las ciudades: problemas de diseño y conservación**

El inadecuado diseño o mantenimiento de la vialidad es causa de una congestión innecesaria. En muchas ciudades es frecuente encontrar casos de falta de demarcación de los carriles de circulación, inesperados cambios en el número de carriles, paraderos de buses ubicados justamente donde se reduce el ancho de la calzada y otras deficiencias que entorpecen la fluidez del tránsito. Asimismo, el mal estado del pavimento, y en especial la presencia de baches, genera crecientes restricciones de capacidad y aumenta la congestión. En muchas ciudades latinoamericanas, como Caracas, la lluvia acumulada sobre las calzadas reduce la capacidad de las vías y, por ende, agrava la congestión. Bull (2003).

#### **Algunas conductas causan más congestión que otras**

Hay conductores que muestran poco respeto por aquellos con quienes comparten las vías. En algunas ciudades, como Lima, muchos automovilistas intentan ahorrarse algunos segundos de tiempo de viaje, y tratan de imponerse en las intersecciones, bloqueándolas y generando a los demás perjuicios económicos muy superiores a su propio beneficio. En otras ciudades, como Santiago, es tradición que los buses se

detengan en el punto inmediatamente anterior a una intersección, lo que causa congestión (y accidentes). En estas ciudades, como en otras que cuentan con una oferta generosa de taxis que no acostumbran operar a partir de paraderos fijos, éstos circulan a baja velocidad en búsqueda de pasajeros, lo que también genera congestión. Bull (2003).

A las conductas anteriores debe agregarse la frecuente presencia en los flujos de tránsito de vehículos antiguos, mal mantenidos o de tracción animal.

Cabe tener presente que al reanudarse la marcha después de la detención en un semáforo, se genera una suerte de congestión debida al atraso que impone a vehículos con tasas de aceleración normales la lentitud de otros ubicados más adelante. Por otra parte, un vehículo varado perturba gravemente la fluidez del tránsito, pues elimina de hecho una pista de circulación. Bull (2003).

### **La información disponible sobre las condiciones del tránsito es deficiente**

Otro factor que aumenta la congestión es el desconocimiento de las condiciones de tránsito. Si un motorista que dispone de dos rutas, A y B, para llegar a su destino, supiera que las condiciones de tránsito están deterioradas en la ruta A, podría emplear la B, donde su propia contribución a la congestión sería inferior. Un estudio de una ciudad hipotética efectuado en la Universidad de Texas, Estados Unidos, indica que estar informado sobre las condiciones de tránsito en las distintas partes de la red puede reducir la congestión mucho más que medidas tan drásticas como cobrar por circular en vías congestionadas. El desconocimiento básico de la red de calles también podría aumentar el kilometraje medio de cada viaje y contribuir a la congestión. (Bull, 2003)

### **Como consecuencia, prevalece una capacidad disminuida**

En general, tanto la conducta de los motoristas como la condición de la vialidad y los vehículos significa que una calle o una red urbana en América Latina tenga seguramente una capacidad inferior que otra de dimensiones geométricas iguales ubicada en Europa o Norteamérica. Mediciones realizadas en Caracas a principios del decenio de 1970 establecieron que una autopista en ese lugar tenía sólo 67% de la capacidad de otra norteamericana de dimensiones semejantes.<sup>2</sup> Esta diferencia porcentual debe variar de una ciudad a otra, aunque no cabe duda que la propensión a congestionarse de los sistemas viales de las ciudades latinoamericanas es, en general, relativamente grande. Bull (2003).

## **2.4 Definición de términos básicos**

### ***Vulnerabilidad***

Susceptibilidad de los sistemas naturales, económicos y sociales al impacto de un peligro de origen natural o inducido por el hombre. La vulnerabilidad siempre estará determinada por el origen y tipo de evento, la geografía de la zona afectada, las características técnico – constructivas de las estructuras existentes, la salud del ecosistema, el grado de preparación para el enfrentamiento de la situación por la población, la comunidad y los gobiernos locales, así como por la capacidad de recuperación en el más breve tiempo posible. Se dice que la infraestructura vial es un sistema vulnerable ya que es capaz de ser afectado físicamente por un evento peligroso. SINAGERD(2011).

### ***Riesgo***

Contingencia o proximidad de un daño; es una medida de la magnitud de los daños frente a una situación peligrosa. El riesgo se mide asumiendo una determinada vulnerabilidad frente a cada tipo de peligro. Si bien no siempre se hace debe distinguirse adecuadamente entre peligrosidad (probabilidad de

ocurrencia de un peligro), vulnerabilidad (probabilidad de ocurrencia de daños dado que se ha presentado un peligro) y riesgo. SINAGERD(2011).

### ***Peligro***

Probabilidad de que un fenómeno físico, potencialmente dañino, de origen natural o inducido por la acción humana, se presente en un lugar específico, con una cierta intensidad y en un período de tiempo y frecuencia definidos.

Es una situación que se caracteriza por la "viabilidad de ocurrencia de un incidente potencialmente dañino", es decir, un suceso apto para crear daño sobre bienes jurídicos protegidos. El peligro es "real" cuando existe aquí y ahora, y es "potencial" cuando el peligro ahora no existe, pero sabemos que puede existir a corto, medio, o largo plazo, dependiendo de la naturaleza de las causas que crean peligro. SINAGERD(2011).

### ***Peligro tecnológico***

Es un tipo de peligro clasificado dentro de los peligros antrópicos, o los denominados generados por el hombre.

### ***Infraestructura***

Es el conjunto de estructuras de ingeniería e instalaciones, con su correspondiente vida útil de diseño, que constituyen la base sobre la cual se produce la prestación de servicios considerados necesarios para el desarrollo de fines productivos, políticos, sociales y personales.

### ***Infraestructura vial***

Se denomina a aquella realización humana diseñada y dirigida por profesionales de Arquitectura, Ingeniería Civil, Urbanistas, etc., que sirven de soporte para el desarrollo de otras actividades y su funcionamiento, necesario en la organización estructural de las ciudades.

### ***Parque automotor***

Conjunto de vehículos que dispone una colectividad.



### ***Exposición***

Relacionada con decisiones y prácticas que ubican a una unidad social en o cerca de las zonas de influencia de una amenaza. Este factor condiciona la vulnerabilidad porque coloca a la población en condiciones de inseguridad.

### ***Resiliencia***

Es la capacidad de la infraestructura vial para resistir una amenaza, también absorber, adaptarse y recuperarse de sus efectos de manera oportuna y eficiente, incluye la preservación y restauración de sus estructuras y funciones básicas. Capacidad de un material, mecanismo o sistema para recuperar su estado inicial cuando ha cesado la perturbación a la que había estado sometido, SINAGERD(2011).

### ***Norma***

Regla que se debe seguir o a que se deben ajustar las conductas, tareas, actividades, etc.

### ***Resolución***

Decreto, providencia, auto o fallo de autoridad gubernativa o judicial.

### ***Proyecto de infraestructura vial***

Es una planificación que consiste en un conjunto de actividades que se encuentran interrelacionadas y coordinadas. La razón de un proyecto es alcanzar objetivos específicos dentro de los límites que imponen un presupuesto, calidades establecidas previamente y un lapso de tiempo previamente definido para la ejecución de vías urbanas.

### ***Estudio definitivo / Expediente Técnico***

Conjunto de documentos que determinan en forma explícita las características, requisitos y especificaciones necesarias para la ejecución de una obra, está constituido por: planos por especialidades, especificaciones técnicas, metrados y presupuesto, análisis de precios unitarios, cronograma de ejecución y memorias descriptivas.

### ***Emergencia***

Estado de daños sobre la vida, el patrimonio y el medio ambiente ocasionados por la ocurrencia de un fenómeno natural o inducido por la acción humana que altera el normal desenvolvimiento de las actividades de la zona afectada.

### ***Plan de emergencia***

Contempla las contramedidas necesarias durante la materialización de una amenaza, o inmediatamente después. Su finalidad es disminuir los efectos adversos de la amenaza. SINAGERD(2011).

### ***Plan de contingencia***

Son los procedimientos específicos preestablecidos de coordinación, alerta, movilización y respuesta ante la ocurrencia o inminencia de un evento particular para el cual se tiene escenarios definidos. Se emite a nivel nacional, regional y local. SINAGERD(2011).

El plan de contingencias sigue el conocido ciclo de vida iterativo PDCA (plan-do-check-act, es decir, planificar-hacer-comprobar-actuar). Nace de un análisis de riesgo donde, entre muchas amenazas, se identifican aquellas que afectan a la continuidad del servicio. Sobre dicha base se seleccionan las contramedidas más adecuadas entre diferentes alternativas, siendo plasmadas en el plan de contingencias junto con los recursos necesarios para ponerlo en marcha.

### ***Vehículo***

El vehículo es un medio de locomoción que permite el traslado de un lugar a otro de personas o cosas. Cuando se traslada animales u objetos es llamado vehículo de transporte, como por ejemplo el tren, el automóvil, el camión, el carro, el barco, el avión, la bicicleta y la motocicleta, entre otros. Sangay (2015).

***Automóvil***

Que se mueve por sí mismo. Dicho principalmente de los vehículos que pueden ser guiados para marchar por una vía ordinaria sin necesidad de carriles y llevan un motor, generalmente de combustión interna o eléctrico, que los propulsa. Consta desde 6 a 9 asientos. Sangay (2015).

***Station wagon***

Vehículo automotor derivado del automóvil que al rebatir los asientos posteriores, permite ser utilizado para el transporte de carga. Sangay (2015).

***Camioneta rural***

Vehículo automotor para el transporte de personas de hasta 17 asientos y cuyo peso bruto vehicular no exceda los 4000kg. Sangay (2015).

***Camioneta***

Vehículo automotor de cabina simple o doble, con caja posterior destinada para el transporte de carga liviana y con un peso bruto vehicular que no exceda de 4000kg. Sangay (2015).

***Ómnibus***

Vehículo automotor construido exclusivamente para el transporte de pasajeros y equipaje, debe tener un peso seco no menor de 4000kg. Sangay (2015).

***Tracto camión***

Vehículo autopropulsado motorizado destinado al transporte de bienes con un peso bruto vehicular igual o mayor de 4000kg. Sangay (2015).

***Vehículo menor***

Vehículo con dos, tres o cuatro ruedas provisto de asiento y/o montura para el uso de su conductor y pasajeros según sea el caso, tales como: bicimotos, motonetas, motocicletas, triciclos motorizados, cuatrimotos y similares. Sangay (2015).

**Conductor**

También llamado chofer, es una persona encargada de conducir un vehículo de motor para transportar a personas. Sangay (2015).

**Vía**

Es la faja del terreno acondicionada para el tránsito de los vehículos.

**Capacidad de la vía**

Es el número máximo de vehículos por unidad de tiempo (por lo general una hora), que pasan por un tramo de un carril o de un camino en uno o dos sentidos; cuyo propósito es el de determinar la calidad del servicio que presta cierto tramo o componente de una arteria, que sirve para un diseño lógico, económico y funcional de nuevas formas y/o en la adaptación de obras existentes para necesidades presentes y futuras. Sangay (2015).

**Volumen de tránsito**

Se define como el número máximo de vehículos que pasan por un punto o sección transversal dados, de un carril o calzada, durante un periodo determinado. Sangay (2015).

**IMD**

Es el índice medio diario, se refiere al número de vehículos promedio que transitan por una vía durante un día. Sangay (2015).

**Velocidad media**

Es el valor numérico que resulta de dividir la distancia recorrida en kilómetros entre el tiempo en horas que demoró recorrer la distancia. Sangay (2015).

**Vialidad**

Conjunto de servicios pertenecientes a las vías públicas. Sangay (2015).

**Licencia de conducir**

Es una autorización para la conducción de vehículos (brevete en Perú) es un documento que acredita una autorización administrativa a su poseedor la conducción de vehículos por la vía pública. Sangay (2015).

### ***Señalización vial***

Es el conjunto de señales verticales y horizontales que tienen la función de controlar la operación de los vehículos y propiciando el ordenamiento del flujo de los vehículos, deben ser de fácil identificación y de tamaño reglamentario. Sangay (2015).

### ***Señal reguladora***

Señal cuyo objetivo es notificar a los usuarios de la vía de las limitaciones, prohibiciones o restricciones que gobiernan el uso de ella y cuya violación constituye delito. Los colores que se utilizan son rojo y blanco. Sangay (2015).

### ***Señal preventiva***

Señal cuyo objetivo es advertir al usuario de la vía de la existencia de un peligro y la naturaleza de este. Los colores que se utilizan son: fondo amarillo, con letras y marco negro. Sangay (2015).

### ***Señal informativa***

Señal cuyo objetivo es identificar las vías y guiar al usuario proporcionándole la información que pueda necesitar. Utilizados son fondo verde con letras y números blanco. Sangay (2015).

### ***Señalización horizontal***

Son las marcas en el pavimento con el fin de reglamentar el tránsito. Los colores a usar son amarillo, blanco y negro. Sangay (2015).

### ***Semáforo***

Los semáforos, también conocidos técnicamente como señales de control de tráfico, son dispositivos de señales que se sitúan en intersecciones viales y otros lugares para regular el tráfico, y por ende, el tránsito peatonal. Sangay (2015).

### ***Semaforización***

Proceso mediante el cual se colocan o implementan semáforos en las intersecciones de las vías identificadas para tal fin. Sangay (2015).

### ***Diseño geométrico de las vías***

Está referido al diseño, trazo y dibujo de las características geométricas de las vías, ejemplo determinar el ancho, radio, longitud y pendiente reglamentarias. Sangay (2015).

### ***Pavimento***

El pavimento es la base horizontal de una determinada construcción (o las diferentes bases de cada nivel de un edificio) que sirve de apoyo a las personas, animales o cualquier pieza de mobiliario. Un pavimento puede tener diversos tipos de revestimiento (madera, cerámica, etc.). También se denomina pavimento a los conectores de vías de comunicación con asfaltos combinados naturales. Sangay (2015).

### ***Estructura de pavimento***

Viene a ser el conjunto de capas conformadas de agregados y son la base, subbase y capa de rodadura, esta última capa puede ser de concreto rígido o concreto flexible. Estas capas pueden variar según el diseño y volumen de tráfico. Sangay (2015).

### ***Vías principales***

Son las que permiten el movimiento del tránsito entre áreas o partes de la ciudad. Dan servicio directo a los generadores principales y se conectan con el servicio de autopistas y vías rápidas. Sangay (2015).

### ***Vías colectoras***

Son las que ligan las calles locales con las calles principales y carreteras más próximas. Además estas calles proporcionan acceso a las propiedades colindantes. Sangay (2015).

### ***Vías locales***

Proporcionan acceso directo a las propiedades, ya sean habitacionales, comerciales, industriales o de algún otro uso, además de facilitar el tránsito

local y se conectan directamente con las calles colectoras y/o con las calles principales. Sangay (2015).

### ***Pasaje***

Paso público entre dos calles, con un ancho entre tres y cuatro metros, algunas veces cubierto. Sangay (2015).

### ***Nivel de servicio***

Terminología que se utiliza para medir la calidad del flujo y es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular y de su percepción por los conductores y pasajeros. Estas condiciones se describen en términos de velocidad y tiempo de recorrido, libertad de maniobras, comodidad, conveniencia y seguridad vial. Se califican seis niveles de servicio designados por A, B, C, D, E y F. Sangay (2015).

### ***Análisis de la vulnerabilidad***

Proceso mediante el cual se evalúa las condiciones existentes de los factores de la vulnerabilidad: exposición, fragilidad y resiliencia, de la población y de sus medios de vida. SINAGERD(2011).

### ***Riesgo de desastre***

Es la probabilidad de que la población y sus medios de vida sufran daños y pérdidas a consecuencia de su condición de vulnerabilidad y el impacto de un peligro. SINAGERD(2011).

### ***Gestión del riesgo de desastre***

La gestión del riesgo de desastres es un proceso social cuyo fin último es la prevención, la reducción y el control permanente de los factores de riesgo de desastre en la sociedad, así como la adecuada preparación y respuesta ante situaciones de desastre, considerando las políticas nacionales con especial énfasis en aquellas relativas a materia económica, ambiental, de seguridad, defensa nacional y territorial de manera sostenible. SINAGERD(2011).

La gestión del riesgo de desastres está basada en la investigación científica y de registro de informaciones, y orienta las políticas, estrategias y acciones de todos los niveles de gobierno y de la sociedad con la finalidad de proteger la vida de la población y el patrimonio de las personas y del estado. SINAGERD(2011).



## CAPITULO III

### PLANTEAMIENTO DE LA HIPOTESIS Y VARIABLES

#### 3.1 Hipótesis

La vulnerabilidad de la infraestructura vial ante el incremento del parque automotor en la Vía de Evitamiento Norte de la ciudad de Cajamarca, es alta y condiciona su afectación y deterioro.

#### 3.2 Variables / categorías

##### Variables

Variable dependiente: Vulnerabilidad de la infraestructura vial.

Variable independiente: Parque automotor.

##### Indicadores

En la variable **Vulnerabilidad** se consideran los siguientes indicadores según la definición en la matriz cromática del marco teórico: Nivel Bajo color Amarillo (0% - 15%), Nivel Medio color Verde (16% - 35%), Nivel Alto color Anaranjado (36% - 65%), Nivel Muy Alto color rojo (66% - 100%).

En la variable **Infraestructura vial** se consideran los indicadores: longitud, ancho, pendiente, longitud de agrietamiento, superficie dañada, cantidad de vehículos por hora por sentido, tipo de nivel de servicio, señalización, velocidad de marcha, característica de la superficie, superficie invadida como estacionamiento y tipología de la vía.

En la variable **parque automotor** se consideran los indicadores: cantidad de vehículos por tipo (automóviles, taxis, camionetas, combis, ómnibus, camiones y vehículos menores), número de licencias de conducir y edad del parque automotor.

### 3.3 Operacionalización / categorización de los componentes de la hipótesis.

Vulnerabilidad de la infraestructura vial ante incremento del parque automotor en la ciudad de Cajamarca					
HIPÓTESIS	TIPO DE VARIABLE	VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR	FUENTES / INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN
La vulnerabilidad de la infraestructura vial ante el incremento del parque automotor en la Vía de Evitamiento Norte de la ciudad de Cajamarca, es alta y condiciona su afectación y deterioro.	Dependiente	Vulnerabilidad de Infraestructura vial	Nivel Muy Alto	color Rojo (66% - 100%)	Proceso de la investigación
			Nivel Alto	color Anaranjado (36% - 65%)	Proceso de la investigación
			Nivel Medio	color Verde (16% - 35%)	Proceso de la investigación
			Nivel Bajo	color Amarillo (0% - 15%)	Proceso de la investigación
		Categorías	Diseño geométrico	Long, ancho, pendiente	Formato trabajo de campo
			Agrietamiento	m1.	Formato trabajo de campo
			Superficie Dañada	m2	Formato trabajo de campo
			Capacidad de la vía	Veh/hora/sentido	Formato trabajo de campo
			Nivel de Servicio	A, B, C, D, F	Formato trabajo de campo
			Señalización	und, m2, semáforos	Formato trabajo de campo
			Vialidad / transitabilidad	IMD / velocidad de marcha	Formato trabajo de campo
			Caractrística de la superficie	Pavimentada / sin pavimentar	Formato trabajo de campo
	Independiente	Parque automotor	Superficie Invadida/estacionamiento	m2	Formato trabajo de campo
			Tipología	Pav. rígido / Pav. flexible	Formato trabajo de campo
			Automóvil/Veh. Particular	und	Formato trabajo de campo
			Station wagon/taxi	und	Formato trabajo de campo
			Camioneta rural/combi	und	Formato trabajo de campo
			Ómnibus	und	Formato trabajo de campo
Tracto camión/otros	und	Formato trabajo de campo			
Vehículo menor/mototaxi,moto lineal	und	Formato trabajo de campo			
Licencias de conducir nuevas	Cant.	MTC - Cajamarca			

## CAPITULO IV

### MARCO METODOLÓGICO

#### 4.1 Ubicación geográfica

La investigación se desarrollará en el distrito y provincia de Cajamarca de la Región Cajamarca, quedando limitado el tramo de estudio entre el punto N°01 de la figura 4-a, con coordenadas geográficas Altitud: 2699 m.s.n.m. Latitud: 07°09'26.13" Sur. Longitud: 78°30'24.75" Oeste. Coordenadas UTM, 775370.714 Este, 9208111.080 Norte y el punto N°02 de la figura 4-b, con coordenadas geográficas Altitud: 2699 m.s.n.m. Latitud: 07°08'56.14" Sur. Longitud: 78°30'25.24" Oeste. Coordenadas UTM, 775360.525 Este, 9209033.129 Norte; ambos puntos localizados en la Zona geográfica 17 sur.

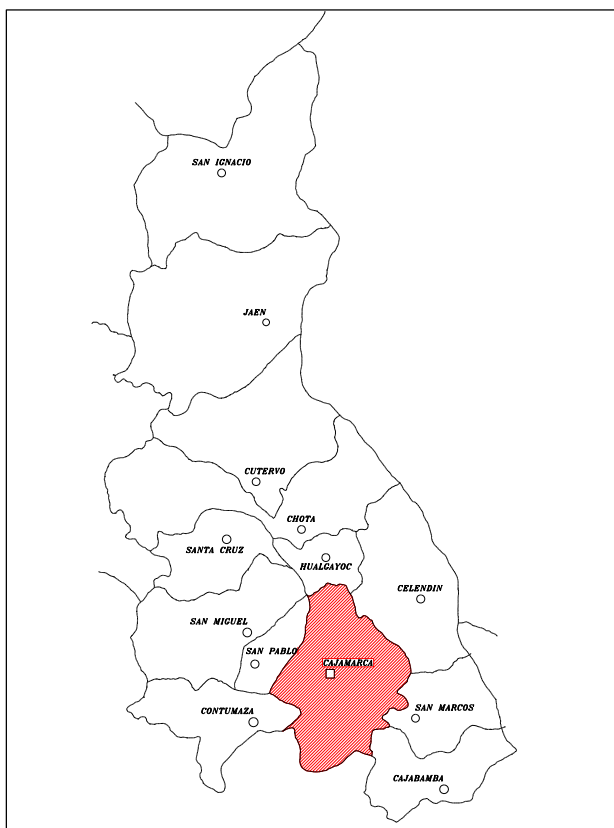
Las características físicas del tramo en estudio son: pavimento flexible, longitud de 935m. cuenta con 4 carriles de 3.80m. de ancho en promedio por carril, dos en sentido de sur a norte y los otros dos en sentido norte a sur. La pendiente longitudinal es de 2.5% a 3.0%, el tramo muestra cunetas de drenaje fluvial a los bordes de los carriles, existe señalización vertical y horizontal. En todo el tramo se puede evidenciar el agrietamiento y superficies dañadas, la señalización horizontal estuvo en pésimo estado.

**Figura 5:** Ubicación y Localización del tramo en estudio.  
**Figura 5-a:** Ubicación a nivel nacional.



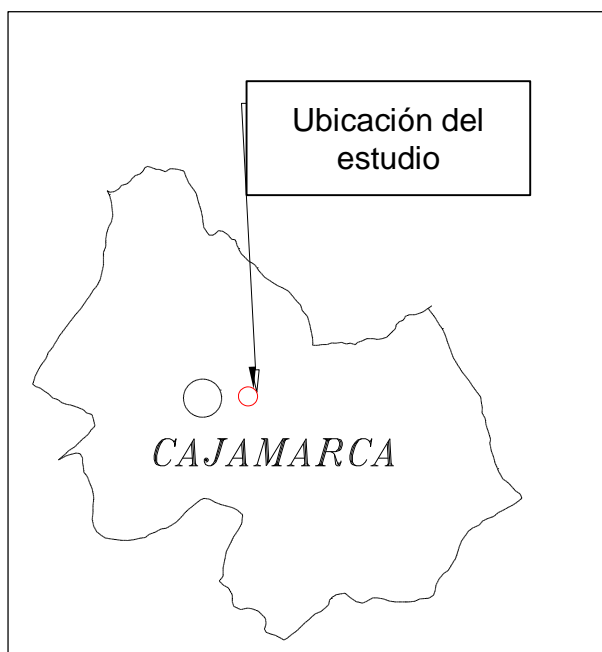
Fuente: Oficina de desarrollo territorial de la MPC.

**Figura 5-b:** Ubicación a nivel departamental.



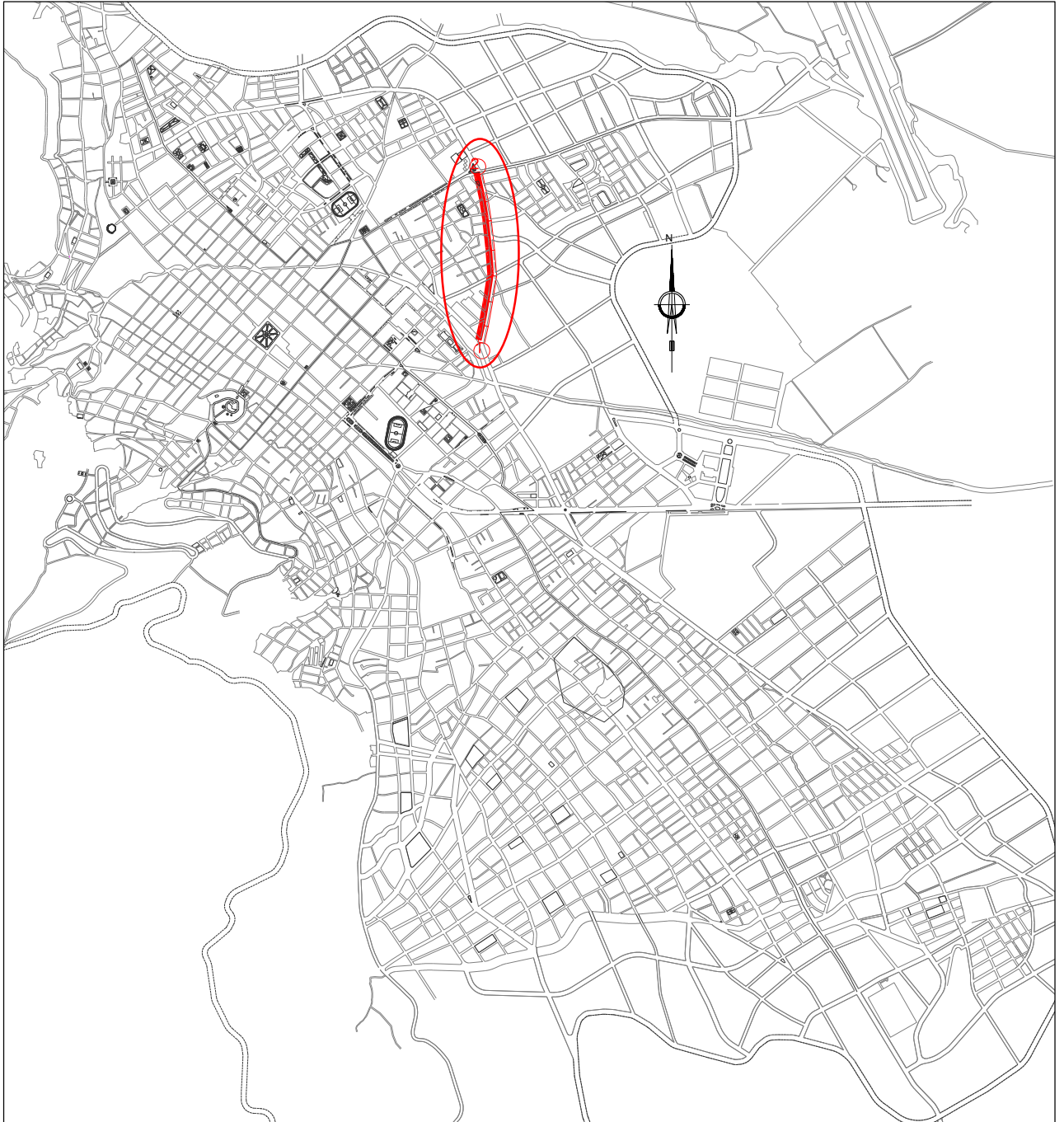
Fuente: Oficina de desarrollo territorial de la MPC.

**Figura 5-c:** Ubicación a nivel provincial.



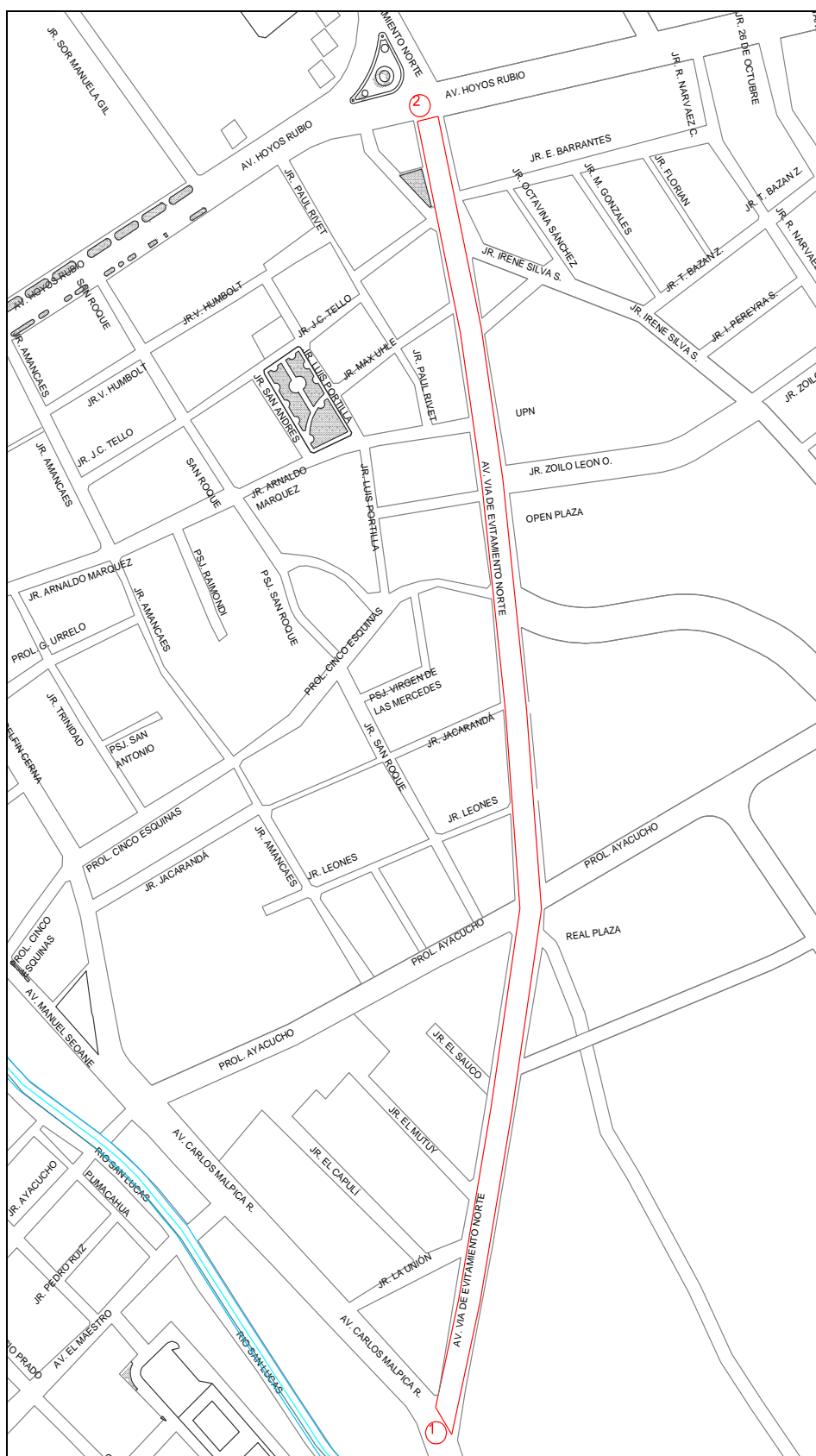
Fuente: Oficina de desarrollo territorial de la MPC.

**Figura 5-d:** Ubicación en la ciudad de Cajamarca.



Fuente: Oficina de desarrollo territorial de la MPC.

Figura 5-e: Localización en la ciudad de Cajamarca.



Fuente: Oficina de desarrollo territorial de la MPC.

## **4.2 Métodos de investigación**

- Observación sistemática: Para un control adecuado que garantice la mayor objetividad (revisión documental, normas, indicadores, entre otros).
- Observación participativa: En ella el investigador formó parte del grupo y participó en él durante el tiempo que dure la observación.
- Observación no participante: El investigador realiza la observación desde fuera, no forma parte del grupo investigado.
- Método sistémico, el que está dirigido a modelar el objeto mediante la determinación de sus componentes, así como las relaciones entre ellos. Esas relaciones determinan por un lado la estructura del objeto y por otro su dinámica.
- Método de investigación documental, que se realiza con la información de documentos: legales, normativos y técnicos. Los documentos de gestión son la unidad básica para sustentar la formalidad institucional y operativa.

## **4.3 Diseño de la investigación**

El tipo de investigación utilizada para cumplir con los objetivos es la investigación aplicada, a través de un estudio descriptivo - explicativo. En este estudio se mide una serie de indicadores y se dan conceptos relacionados con la evaluación y análisis de vulnerabilidad de la infraestructura vial ante el incremento del parque automotor de un tramo de la Vía de Evitamiento norte en la ciudad de Cajamarca. Se estableció las coordinaciones previas con autoridades municipales, con personal del área técnica relacionada. Se realizó una investigación acerca de las funciones que cumple el área de transporte en la ciudad, se efectuó mediciones en campo, como son aforos vehiculares, medida de la longitud de agrietamiento, medida de la velocidad, medida de pendiente, medida del área invadida por estacionamiento, parte de inventario vial, no fue necesario realizar entrevistas y aplicación de encuestas a los



conductores, se efectuó inspecciones en la infraestructura del servicio. La información recopilada provendrá de fuentes primarias y secundarias.

La investigación por su finalidad es aplicada, por la estrategia o enfoque teórico es cuantitativa, por los objetivos es descriptiva, por el diseño es no experimental y por la temporalidad es transversal.

#### **4.4 Población, muestra, unidades de análisis y unidades de observación**

##### **Población**

Según el diagnóstico para la elaboración del plan de desarrollo urbano de la ciudad de Cajamarca la infraestructura vial de la ciudad se clasifica en: vías de evitamiento, vías arteriales y vías colectoras. La población seleccionada para el estudio la conforman el conjunto de vías de evitamiento existentes como son: vía de evitamiento sur, vía de evitamiento norte y las vías de evitamiento este y oeste futuras.

##### **Muestra**

Muestreo no probabilístico de tipo intencional, propuesta por el investigador. Se han seleccionado de la población para el estudio una de las vías de evitamiento denominada como “vía de evitamiento norte” que tiene una longitud total de 3 706,00 m. de vía.

##### **Unidad de análisis**

La conforma parte de la muestra y es un tramo de la vía de evitamiento norte, iniciando en la intersección de la Av. Vía de Evitamiento Norte y la Av. Carlos Malpica R. (punto N° 01 en la Figura 4-a) y finaliza en la intersección de la Av. Vía de Evitamiento Norte y la Av. Hoyos Rubio (punto N° 02 en la Figura 4-b) haciendo una longitud de 935.00 m. de vía.

##### **Unidad de observación**

La observación para la evaluación y el análisis de la vulnerabilidad de la infraestructura vial son: longitud, ancho, pendiente, áreas dañadas, velocidad de marcha, área de señalización, dispositivos de control en las intersecciones

y las cuadras de la vía de evitamiento norte a lo largo de los 935.00m. de la unidad de análisis.

#### **4.5 Técnicas e instrumentos de recopilación de información**

Se recurrió a fuentes primarias y secundarias, tales como las sistematizadas por el área de vialidad y transporte de la municipalidad provincial de Cajamarca MPC, ministerio de transportes y comunicaciones MTC, cámara de comercio, registros públicos, Plan vial de Cajamarca, instituto nacional de estadística e informática INEI, área de infraestructura de la MPC, entre otros. Las técnicas fueron: Observación directa, observación participante; el análisis, la medición, entre otras. Como instrumentos se emplearán formatos de recolección de datos, revisión de expedientes técnicos, revisión de informes y reportes, libros, encuestas, entrevistas, entre otros.

#### **4.6 Técnicas para el procesamiento y análisis de la información**

Se utilizaron las técnicas de recolección, ordenamiento y clasificación, el procesamiento se hizo empleando hojas de cálculo Excel. Como técnicas de análisis se tienen la observación, análisis documental, concordancia de datos, tabulación de cuadros, elaboración de gráficos comparativos y otras que sean necesarias durante el proceso de investigación.

#### **4.7 Equipos, materiales e insumos**

Para el desarrollo de la investigación se requiere de:

- Equipo de cómputo.
- Papelería para formatos de conteo.
- Encuestas y fichas de campo.
- Útiles de escritorio.
- Impresora.
- GPS navegador.
- Winchas.

- Tableros de campo.
- Libreta de campo.
- Cámara fotográfica, entre otros.

En recursos humanos se requirió de profesionales especialistas en el tema de gestión de riesgos, diseño de infraestructura vial, profesionales involucrados en educación vial, especialistas en Administración Operación y Mantenimiento de pavimentos urbanos, se solicitó las opiniones especializadas de funcionarios del MTC, subgerencia de vialidad y transporte de la municipalidad de Cajamarca, entre otros. Así mismo será necesario el apoyo de personal asistente para el aforo vehicular y toma de datos de campo.

#### 4.8 Matriz de consistencia metodológica.

Vulnerabilidad de la infraestructura vial ante incremento del parque automotor en la ciudad de Cajamarca										
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	TIPO DE VARIABLE	VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR	FUENTES / INSTRUMENTO DE	METODOLOGÍA	POBLACION Y MUESTRA	
¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad de la infraestructura vial ante el incremento del parque automotor en un tramo de la Vía de Evitamiento norte de la ciudad de Cajamarca?	<b>General:</b> Evaluar la Vulnerabilidad de la infraestructura vial ante el incremento del parque automotor en un tramo de la Vía de Evitamiento Norte de la ciudad de Cajamarca en el año 2016.	La <b>vulnerabilidad de la infraestructura vial</b> ante el incremento del <b>parque automotor</b> en la Vía de Evitamiento Norte de la ciudad de Cajamarca, es alta y condiciona su afectación y deterioro.	Dependiente	Vulnerabilidad de Infraestructura vial	Nivel Muy Alto	color Rojo (66% - 100%)	Proceso de la investigación	Se utilizarán técnicas de recojo de información de campo, revisión de documentos institucionales y normativos, trabajo en gabinete: procesamiento de datos.	<b>Población:</b> Vías arteriales de la ciudad de Cajamarca. <b>Muestra</b> Muestreo no probabilístico de tipo intencional, la conforma una de las vías arteriales denominada como "vía de evitamiento" que tiene una longitud total de 7,413.00 m. de vía.	
					Nivel Alto	color Anaranjado (36% - 65%)	Proceso de la investigación			
					Nivel Medio	color Verde (16% - 35%)	Proceso de la investigación			
					Nivel Bajo	color Amarillo (0% - 15%)	Proceso de la investigación			
				Específicos: a. Determinar el nivel de vulnerabilidad de la infraestructura vial en un tramo de la Vía de Evitamiento Norte, que va de la intersección de la Av. Vía de Evitamiento Norte y la Av. Hoyos Rubio hasta la intersección de la Av. Vía de Evitamiento Norte y la Av. Carlos Malpica. b. Determinar los porcentajes de deterioro de la infraestructura vial en un tramo de la Vía de Evitamiento Norte, que va de la intersección de la Av. Vía de Evitamiento Norte y la Av. Hoyos Rubio hasta la intersección de la Av. Vía de Evitamiento Norte y la Av. Carlos Malpica.	Categorías	Diseño geométrico	Long, ancho, pendiente			Formato trabajo de campo
						Agrietamiento	m.l.			Formato trabajo de campo
						Superficie Dañada	m2			Formato trabajo de campo
						Capacidad de la vía	Veh/hora/sentido			Formato trabajo de campo
						Nivel de Servicio	A, B, C, D, F			Proceso de la investigación
						Señalización	und, m2, semáforos			Formato trabajo de campo
	Vialidad / transitabilidad	IMD / velocidad de marcha	Formato trabajo de campo							
	Caractrística de la superficie	Pavimentada / sin pavimentar	Formato trabajo de campo							
	Superficie Invasada/estacionamiento	m2	Formato trabajo de campo							
	Tipología	Pav. rígido / Pav. flexible	Formato trabajo de campo							
	Independiente	Parque automotor	Automóvil/Veh. Particular	und	Formato trabajo de campo					
			Station wagon/taxi	und	Formato trabajo de campo					
			Camioneta rural/combi	und	Formato trabajo de campo					
			Ómnibus	und	Formato trabajo de campo					
			Tracto camión/otros	und	Formato trabajo de campo					
			Vehículo menor/mototaxi,moto lineal	und	Formato trabajo de campo					
Licencias de conducir nuevas			Cant.	MTC - Cajamarca						

## CAPITULO V

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 5.1 Presentación de resultados

Los cuadros que se presentan son las medidas y datos tomados en campo, para ello se elaboraron formatos de recopilación que se muestran en la parte de apéndices.

**CUADRO 01: Medida del agrietamiento**

SENTIDO	Nº GRIETAS POR CARRIL		UBICACIÓN	LONGITUD (m)	ESPESOR PROMEDIO (cm)
	D	I			
S-N	13	6	Todo el tramo	45.14	2.32
N-S	10	14	Todo el tramo	51.23	1.52
TOTAL	23	20	Todo el tramo	96.37	1.92
PORCENTAJE DE GRIETA EN LA VIA =					10.31%
PORCENTAJE DE ANCHO DE GRIETA EN LA VIA =					0.12%

Donde: S-N es sentido de SUR a NORTE y N-S es sentido de NORTE a SUR, D = carril derecho ; I = carril izquierdo  
Fuente : Elaboración propia

**CUADRO 02: Medida de la superficie dañada sentido Sur – Norte**

SENTIDO	CARRIL	AREA DAÑADA (m <sup>2</sup> )
S-N	D	0.00
	I	201.24
	I y D	2573.10
TOTAL		2774.34

Donde: D = carril derecho ; I = carril izquierdo ; S-N = sentido sur-norte  
Fuente : Elaboración propia

**CUADRO 03: Medida de la superficie dañada sentido Norte – Sur**

SENTIDO	CARRIL	AREA DAÑADA (m <sup>2</sup> )
N-S	D	87.60
	I	853.00
	I y D	614.22
TOTAL		1554.82

Donde: D = carril derecho ; I = carril izquierdo ; N-S = sentido norte-sur  
Fuente : Elaboración propia

**CUADRO 04: Aforo vehicular en el punto 1, sentido Sur – Norte**

HORA	Sentido	TIPO DE VEHICULO							TOTAL
		Mototaxi / Motolineal	Station wagon / Taxi	Auto Particular	Camioneta Pick Up	Combi	Omnibus	Camión, Volquete, Trailer, Maq. Pesada	
07:00:00a.m. A 19:00:00 p.m.	S-N	6916	1508	2320	948	231	161	583	12667

Fuente : Elaboración propia

**CUADRO 05: Aforo vehicular en el punto 1, sentido Norte – Sur**

HORA	Sentido	TIPO DE VEHICULO							TOTAL
		Mototaxi / Motolineal	Station wagon / Taxi	Auto Particular	Camioneta Pick Up	Combi	Omnibus	Camión, Volquete, Trailer, Maq. Pesada	
07:00:00a.m. A 19:00:00 p.m.	N-S	6051	1150	2192	1085	291	165	576	11510

Fuente : Elaboración propia

**CUADRO 06: Aforo vehicular en el punto 2, sentido Sur – Norte**

HORA	Sentido	TIPO DE VEHICULO							TOTAL
		Mototaxi / Motolineal	Station wagon / Taxi	Auto Particular	Camioneta Pick Up	Combi	Omnibus	Camión, Volquete, Trailer, Maq. Pesada	
07:00:00a.m. A 19:00:00 p.m.	S-N	4202	771	1876	924	160	166	530	8629

Fuente : Elaboración propia

**CUADRO 07: Aforo vehicular en el punto 2, sentido Norte – Sur**

HORA	Sentido	TIPO DE VEHICULO							TOTAL
		Mototaxi / Motolineal	Station wagon / Taxi	Auto Particular	Camioneta Pick Up	Combi	Omnibus	Camión, Volquete, Trailer, Maq. Pesada	
07:00:00a.m. A 19:00:00 p.m.	N-S	3128	1113	1081	1278	340	288	542	7770

Fuente : Elaboración propia

**CUADRO 08: Señalización**

Nº	SENTIDO	TIPO DE SEÑAL (SIGNIFICADO)	DENOMINACION	UND	CANT.	ESTADO
1	S-N	Señal horizontal / Líneas de paso peatonal	Cruce peatonal	m2	77.43	Malo
2	S-N	Señal vertical / Informativa	Paradero	und	1	Bueno
3	S-N	Señal vertical / reguladora	No voltear en U	und	2	Bueno
4	S-N	Dispositivo de control	Semáforo	und	2	Bueno
5	S-N	Señal horizontal / Líneas de paso peatonal	Cruce peatonal	m2	81.90	Malo
6	S-N	Señal vertical / reguladora	No estacionar	und	2	Malo
7	S-N	Señal vertical / preventiva	Ojiva / Rompemuelle	und	1	Malo
8	S-N	Señal horizontal / Líneas de paso peatonal	Cruce peatonal	m2	36.60	Malo
9	S-N	Señal horizontal / reguladora	Sentido de circulación	m2	2.88	Malo
10	S-N	Señal horizontal / Líneas de paso peatonal	Cruce peatonal	m2	61.89	Malo
11	N-S	Señal horizontal / Líneas de paso peatonal	Cruce peatonal	m2	37.26	Malo
12	N-S	Dispositivo de control	Semáforo	und	3	Bueno
13	N-S	Señal vertical / preventiva	Zona escolar	und	3	Bueno
14	N-S	Señal vertical / preventiva	Cruce de peatones	und	1	Malo
15	N-S	Señal vertical / preventiva	Ojiva / Rompemuelle	und	1	Bueno
16	N-S	Señal vertical / reguladora	No voltear en U	und	3	Bueno
17	N-S	Señal vertical / Informativa	Paradero	und	1	Bueno
18	N-S	Señal horizontal / Líneas de paso peatonal	Cruce peatonal	m2	33.00	Malo
TOTAL SEÑALIZACION VERTICAL =				und	20.00	Bueno
TOTAL SEÑALIZACION HORIZONTAL =				m2	328.08	Malo

Donde: S-N es sentido de SUR a NORTE y N-S es sentido de NORTE a SUR

Fuente : Elaboración propia

**CUADRO 09: Medida de la velocidad**

N° VIAJE	SENTIDO	DIA/FECHA	HORA INICIO	LONG. RECORRIDA (Km)	TIEMPO MEDIDO (Seg)	TIEMPO RECORRIDO (Hrs)	VELOCIDAD (Km/h)
1	S-N	Jueves/25-08-16	09:19 a.m.	0.935	139.33	0.0387	24.16
2	N-S	Jueves/25-08-16	11:24 a.m.	0.935	186.49	0.0518	18.05
3	S-N	Viernes/26-08-16	05:34 p.m.	0.935	247.42	0.0687	13.60
4	N-S	Viernes/26-08-16	07:39 a.m.	0.935	180.47	0.0501	18.65
5	N-S	Viernes/26-08-16	03:13 p.m.	0.935	208.68	0.0580	16.13
6	S-N	Lunes/29-08-16	07:34 a.m.	0.935	605.59	0.1682	5.56
7	N-S	Lunes/29-08-16	08:46 a.m.	0.935	268.82	0.0747	12.52
8	N-S	Lunes/29-08-16	06:05 p.m.	0.935	241.00	0.0669	13.97
9	S-N	Lunes/29-08-16	07:47 p.m.	0.935	227.43	0.0632	14.80
10	N-S	Lunes/29-08-16	09:02 p.m.	0.935	183.63	0.0510	18.33
11	S-N	Lunes/29-08-16	10:04 p.m.	0.935	221.42	0.0615	15.20
12	S-N	Martes/30-08-16	09:13 a.m.	0.935	242.77	0.0674	13.86
13	N-S	Martes/30-08-16	10:16 a.m.	0.935	136.07	0.0378	24.74
14	S-N	Jueves/01-09-16	06:28 p.m.	0.935	340.00	0.0944	9.90
15	N-S	Lunes/05-09-16	09:15 a.m.	0.935	231.55	0.0643	14.54
16	S-N	Lunes/05-09-16	11:08 a.m.	0.935	249.66	0.0694	13.48
17	S-N	Martes/06-09-16	06:24 p.m.	0.935	294.03	0.0817	11.45
18	N-S	Martes/06-09-16	7:12 p.m.	0.935	357.05	0.0992	9.43
19	S-N	Miercoles/07-09-16	11:33 a.m.	0.935	247.91	0.0689	13.58
20	S-N	Miercoles/07-09-16	10:28 a.m.	0.935	212.00	0.0589	15.88
VELOCIDAD PROMEDIO S-N (Km/h)							15.29
VELOCIDAD PROMEDIO N-S (Km/h)							14.56
VELOCIDAD PROMEDIO TOTAL (Km/h)							14.93

Donde: S-N es sentido de SUR a NORTE y N-S es sentido de NORTE a SUR

Fuente : Elaboración propia

**CUADRO 10: Medida de la superficie invadida para estacionamiento**

N°	CARRIL	SENTIDO	ANCHO TOTAL (m)	ANCHO INVADIDO (m)	LONGITUD (m)	AREA INV.(m2)
1	D	S-N	7.45	1.90	13.60	25.84
2	D	S-N	7.56	1.80	18.40	33.12
1	D	S-N	7.43	1.90	9.05	17.20
2	D	S-N	7.65	1.80	28.54	51.37
3	D	N-S	7.77	1.65	10.35	17.08
4	D	N-S	8.00	2.15	14.40	30.96
5	D	N-S	7.80	1.60	20.80	33.28
6	D	N-S	7.45	1.65	24.50	40.43
7	D	N-S	7.85	1.80	35.50	63.90
8	D	N-S	7.30	1.90	13.00	24.70
TOTAL AREA INVADIDA PARA ESTACIONAMIENTO S-N =						127.53
TOTAL AREA INVADIDA PARA ESTACIONAMIENTO N-S =						337.87
TOTAL AREA INVADIDA PARA ESTACIONAMIENTO =						465.40
% AREA INVADIDA PARA ESTACIONAMIENTO S-N =						1.82%
% AREA INVADIDA PARA ESTACIONAMIENTO N-S =						4.69%
% AREA INVADIDA PARA ESTACIONAMIENTO =						3.27%

Donde: S-N es sentido de SUR a NORTE y N-S es sentido de NORTE a SUR

Fuente : Elaboración propia

Al año 2016 el tramo norte de la vía de evitamiento, hecha totalmente de pavimento flexible, muestra mucha deficiencia tanto física como funcional, la parte física la muestra los daños en la superficie de rodadura, dejándose notar grandes áreas sin capa asfáltica y grandes áreas parchadas con bloques de concreto y afirmado, se ven fuertes agrietamientos a lo largo de los carriles, la señalización horizontal en las intersecciones con las vías, no existe o está en muy malas condiciones; a su vez que la señalización vertical muestra un mejor estado, el sistema de drenaje de la vía no es técnicamente adecuado esto porque permite estancamiento de aguas servidas y de lluvia en los carriles, no contando con colectores hacia el río o a algún canal de drenaje existente o cuneta de drenaje que evacuen las aguas de la vía; respecto a la parte funcional, la vía soporta un alto IMD, según el aforo vehicular realizado, pasan 845 veh/hr/sentido, la capacidad de la vía es superada en un 48% siendo el valor tomado como referencia de 444 veh/hr/carril, la velocidad de marcha para el tramo en estudio debe superar los 40 km/hr ya que se trata de un eje principal de la infraestructura vial de la ciudad, pero que según el estudio es de 14,93 km/hr permitiendo esto decir que el nivel de servicio actual de la vía es "D". También a lo largo del tramo en la actualidad se ve mucho espacio de los carriles de la vía, que son utilizados como estacionamiento ya que no existen playas de estacionamiento cercanas al tramo de estudio, esta invasión de área para estacionamiento se debe a que los usuarios al ver la existencia de edificaciones grandes, cercanas al tramo de estudio, como son: universidad, centros comerciales, bodegas, ferreterías, carpinterías entre otras, se ven obligados a dejar sus vehículos estacionados en el carril derecho del tramo en estudio, durante varias horas, pudiendo ocasionar ello los accidentes de tránsito.

Para la investigación respecto del **diseño geométrico**, el tramo en estudio tiene no muestra curvas de volteo considerables, siendo un tramo casi lineal, tuvo un ancho total de 22.00 m. una longitud de 935.00 m. la pendiente varía entre 2.50%



y 3.00% se ha considerado trabajar con un ancho útil de la vía que consiste en analizar solamente 4 carriles de 3.80m de ancho en promedio.

Respecto de la **capacidad de la vía**, existen 4 carriles en el tramo de estudio, 2 de ellos permiten el sentido del tránsito de sur a norte y los otros 2 permiten el sentido del tránsito de norte a sur, cada carril mide en promedio 3.80m. Según el estudio hecho por Huamán Sangay (2015), la capacidad optima de una vía en una zona urbana debe ser de 300 veh/hr/carril. Valor que luego del estudio se ve superado hasta de 444 veh/hr/carril.

Respecto del **nivel de servicio de la vía**, se determinó que es del tipo “D” ya que la velocidad de marcha promedio fue de 14.93 km/hr. Ver análisis y la discusión de los resultados para el CUADRO 09.

Respecto de la **característica de la superficie**, se determinó que es pavimentada, la **tipología** es pavimento flexible.

CUADRO 11: Número de licencias de conducir

TIPO	AÑO					SUBTOTAL
	2012	2013	2014	2015	2016	
NUEVAS	4811	4334	3447	4281	3564	20437
RECATEGORIZACION	2526	2477	1799	1435	862	9099
REVALIDACION	4505	7064	7997	8249	9576	37391
DUPLICADAS	1719	2508	1576	2313	1170	9286
<b>TOTAL</b>	15573	18396	16833	18293	17188	<b>76213</b>
FUENTE: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES - CAJAMARCA						

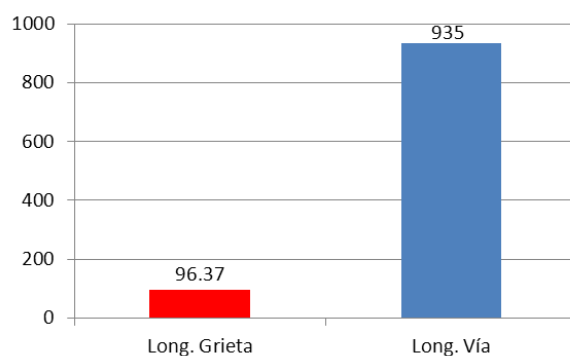
## 5.2 Análisis, interpretación y discusión de resultados

De la presentación de los resultados se realizó el análisis, interpretación y la discusión.

- En el CUADRO 01 se muestran datos del agrietamiento del tramo de la vía en estudio, se ha considerado medir el agrietamiento en los dos sentidos del tránsito, es decir de Sur a Norte y viceversa. El cuadro muestra la longitud y espesor de la grieta presente en cada carril, causado por el paso de los vehículos, en los resultados del cuadro se puede notar que el carril derecho en ambos sentidos del tránsito es el más dañado con la presencia de 23 grietas,

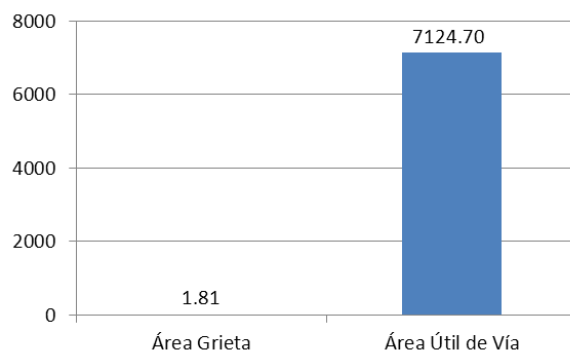
frente a las 20 grietas que se muestran en el carril izquierdo en ambos sentidos de la vía; este análisis resume que el carril derecho en ambos sentidos de la vía es ligeramente más utilizado por el parque automotor. Si consideramos la totalidad de la longitud de las grietas obtenemos una longitud total de 96.37 m. y un ancho promedio de la grieta de 1.90 cm. Se puede realizar la comparación frente a la longitud total del tramo en estudio que son 935.00 m. y también con el ancho de la vía, teniendo que el 10.31 % de la longitud de vía está agrietada, si consideramos analizar superficie tenemos que el área útil total de la vía es 7,124.70 m<sup>2</sup> y de ella 1.81 m<sup>2</sup> es grieta y representa el 0.03 % de la superficie útil de la vía.

**GRÁFICO 01: Agrietamiento longitudinal en metros lineales de la infraestructura vial**



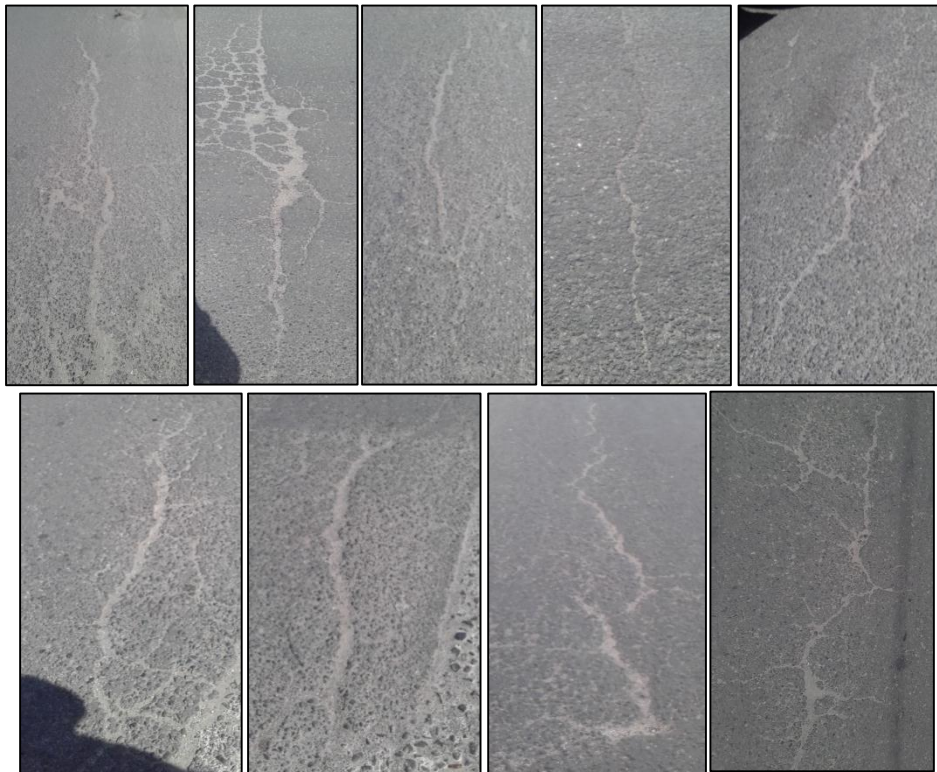
Fuente: Elaboración propia

**GRÁFICO 02: Agrietamiento superficial en metros cuadrados de la infraestructura vial**



Fuente: Elaboración propia

**Figura 6:** Agrietamiento longitudinal y transversal comunes en el tramo de la vía en estudio



Fuente: Elaboración propia.

Visto los GRÁFICOS 01 y 02 comparamos estos resultados con la escala cromática definida en la matriz de consistencia.

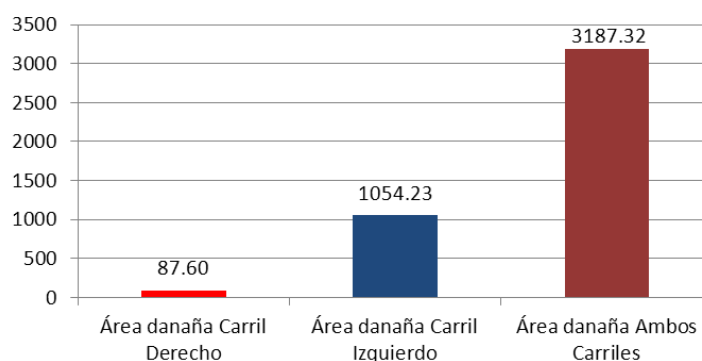
Nivel Bajo 0 % - 15 %	Nivel Medio 16 % - 35 %	Nivel Alto 36 % - 65 %	Nivel Muy Alto 66 % - 100 %

Se puede concluir que el **agrietamiento** presenta un **Nivel Bajo de vulnerabilidad** en la infraestructura vial, presentando un rango desde 0.03% en superficie agrietada hasta un 10.31% de longitud de grieta.

- En el CUADRO 02 se muestran los resultados de medir la superficie dañada en toda la vía, diferenciando los sentidos del tránsito, ubicación de la superficie dañada así como en que carril está situado, también se presenta las dimensiones de estas superficies dañadas. Siguiendo el análisis del CUADRO 01 el carril más utilizado es el carril derecho por tanto debería también ser el más dañado, pero como se muestran los resultados se identificaron 58 paños o superficie dañada

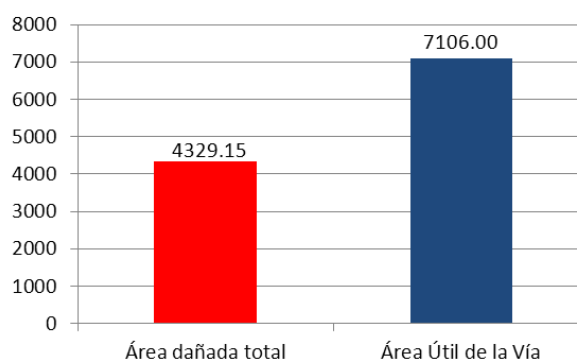
de la vía de las cuales 31 paños se presentan en ambos carriles izquierdo y derecho, a la vez que 19 de los restantes se presentan en el carril izquierdo y 8 en el carril derecho. Para este cuadro de datos resulta que el carril derecho tiene daños en 87.60 m<sup>2</sup> de superficie, el carril izquierdo tiene daños en 1,054.23 m<sup>2</sup> de superficie, y entre ambos carriles se comparte un daño de 3,187.32 m<sup>2</sup> de superficie. Si en el análisis del CUADRO 01 el mayor uso por el parque automotor lo tenía ligeramente el carril derecho en el CUADRO 02 claramente se ve que el carril izquierdo es el más utilizado y por tanto el más afectado por el tráfico de vehículos, se pudo observar en situ que este carril es el que mayor mantenimiento recibe por la presencia de varios parchados de asfalto a lo largo de la vía.

**GRÁFICO 03: Superficie dañada en metros cuadrados de la infraestructura vial, solo carriles**



Fuente: Elaboración propia

**GRÁFICO 04: Superficie dañada total en metros cuadrados de la infraestructura vial**



Fuente: Elaboración propia

**Figura 7:** Superficie dañada de la infraestructura vial.



Fuente: Elaboración propia

**Figura 8:** Superficie dañada reparada de la infraestructura vial.



Fuente: Elaboración propia

Visto los gráficos 3 y 4 comparamos estos resultados con la escala cromática definida en la matriz de consistencia.

Nivel Bajo 0 % - 15 %	Nivel Medio 16 % - 35 %	Nivel Alto 36 % - 65 %	Nivel Muy Alto 66 % - 100 %

Se puede concluir que la **superficie dañada** presenta un **Nivel Alto de vulnerabilidad** de la infraestructura vial, presentando un valor de 60.93% de la superficie útil de la vía.

- En el CUADRO 03 se muestran los resultados del deterioro de la superficie de la vía pero analizando el sentido del tránsito, es decir se han considerado analizar sentido Sur a Norte y viceversa, teniendo que el 39.51% de superficie dañada está presente en el sentido Sur a Norte y el 21.60% se presenta en el sentido de Norte a Sur. Teniendo que el sentido Sur a Norte es más vulnerable que el sentido Norte a Sur clasificándolos en los **niveles Alto y Medio de vulnerabilidad** respectivamente.
- En los CUADROS: 04, 05, 06 y 07 se muestran los resultados del aforo vehicular, como se ha definido en la Figura 4 el aforo se realizó en los puntos 1 y 2 obteniendo 4 cuadros como resultado del conteo.
- Los CUADROS: 04 y 06 corresponden al conteo en el sentido Sur a Norte obteniéndose un total de 12,667 vehículos contados en el punto 1 y un total de 8,629 vehículos contados en el punto 2, existiendo una diferencia de 4,038 vehículos; esta diferencia se da debido a que en todo el tramo en estudio existen intersecciones donde se puede voltear a la izquierda o derecha, por lo que en promedio pasan **10,648 vehículos en 12 horas** en el **sentido Sur a Norte** es decir un volumen de tránsito de 887 veh/hr, a su vez en ambos carriles izquierdo y derecho se puede obtener que pasan 444 veh/hr/carril valor superior al estudiado en el antecedente por Huamán Sangay, de 300 veh/hr/carril en zona urbana, óptimo para que exista un buen flujo de transitabilidad vehicular. Se obtuvo que el volumen en hora punta, es de 1,085 vehículos en promedio y es desde 7:15 am hasta las 8:15 am. Para el factor de la hora de máxima demanda se obtuvo 0.90 valor que se aproxima a 1.00, indicador que el flujo es constante y se necesita la instalación de semáforos. Si se quiere hacer la comparación con la escala cromática se puede decir que los carriles en el sentido Sur a Norte superan la **capacidad de la vía** en un 48% colocándolo en un **nivel muy alto** de vulnerabilidad ya que se supera el 100% de la capacidad de la vía.

Nivel Bajo 0 % - 15 %	Nivel Medio 16 % - 35 %	Nivel Alto 36 % - 65 %	Nivel Muy Alto 66 % - 100 %

- Los CUADROS: 05 y 07 corresponden al conteo en el sentido Norte a Sur obteniéndose un total de 11,510 vehículos contados en el punto 1 y un total de 7,770 vehículos contados en el punto 2, existiendo una diferencia de 3,740 vehículos; esta diferencia se da debido a que en todo el tramo en estudio existen intersecciones donde se puede voltear a la izquierda o derecha, por lo que en promedio pasan 9,640 vehículos en 12 horas en el sentido Norte a Sur es decir un volumen de tránsito de 803 veh/hr, a su vez en ambos carriles izquierdo y derecho se puede obtener que pasan 402 veh/hr/carril valor superior al estudiado según Huamán Sangay, de 300 veh/hr/carril en zona urbana, óptimo para que exista un buen flujo de transitabilidad vehicular. Se obtuvo que el volumen en hora punta es de 961 vehículos en promedio y es desde 7:30 am hasta las 8:30 am. Para el factor de la hora de máxima demanda se obtuvo 0.89 muy cercano al valor 1.00, indicador que el flujo es constante y se necesita la instalación de semáforos. Si se quiere hacer la comparación con la escala cromática se puede decir que los carriles en el sentido Norte a Sur superan la **capacidad de la vía** en un 34% colocándolo en un **nivel muy alto** de vulnerabilidad ya que se supera el 100% de la capacidad de la vía.

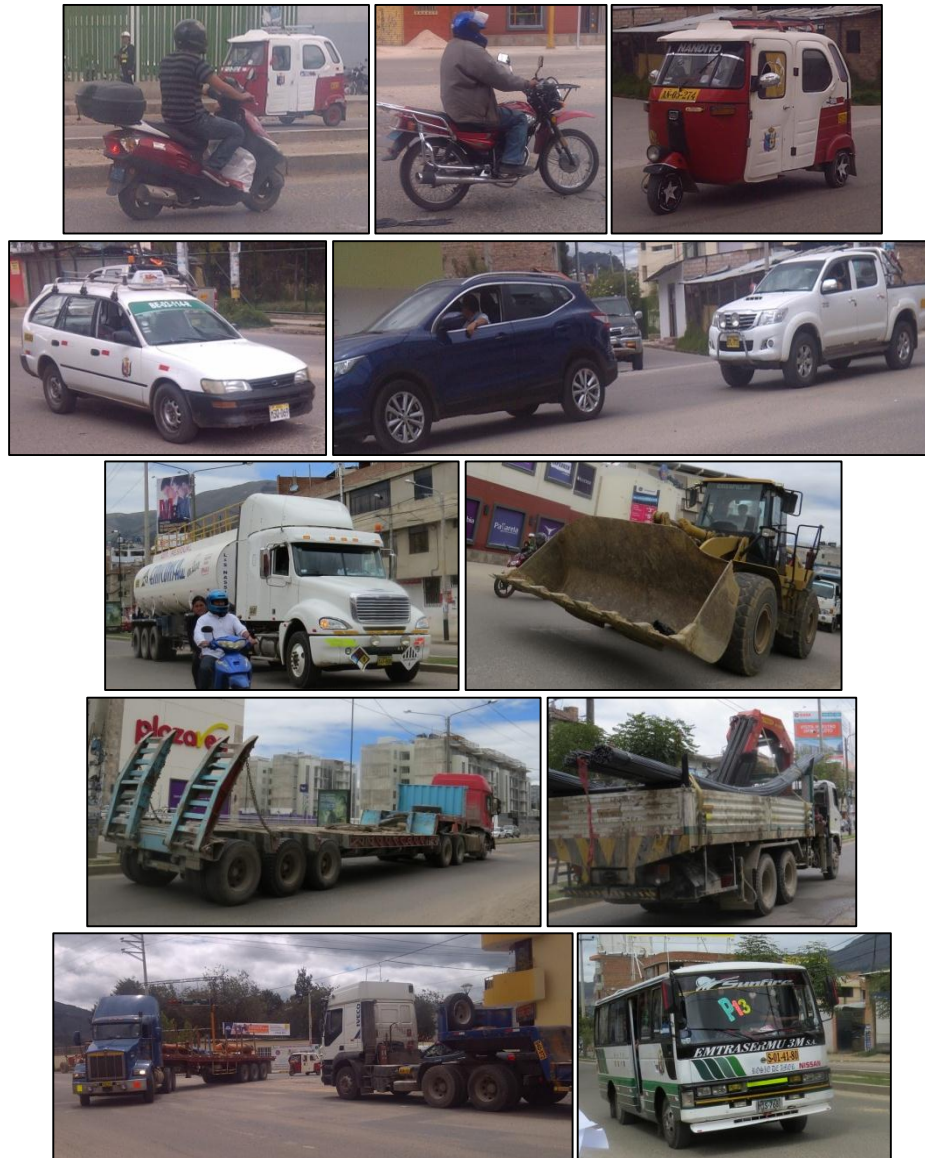
Nivel Bajo 0 % - 15 %	Nivel Medio 16 % - 35 %	Nivel Alto 36 % - 65 %	Nivel Muy Alto 66 % - 100 %

En el estudio realizado por Huamán Sangay el año 2007, la metodología del aforo ayuda a obtener datos como la capacidad de la vía y el factor de máxima demanda, valores que permiten tomar decisiones para proponer soluciones al problema que se presenta en la infraestructura vial de la ciudad de Cajamarca, así mismo en el estudio de Alfaro y Sánchez en el 2011 resumen que para aspectos de ordenamiento territorial, que es el proceso en el cual está



actualmente la ciudad de Cajamarca, dicen se debe priorizar el análisis de vulnerabilidades y peligros de cada sub sistema territorial, que en este caso se debe tener muy en cuenta para el sub sistema de la infraestructura vial.

**Figura 9:** Composición del parque automotor en la ciudad de Cajamarca.



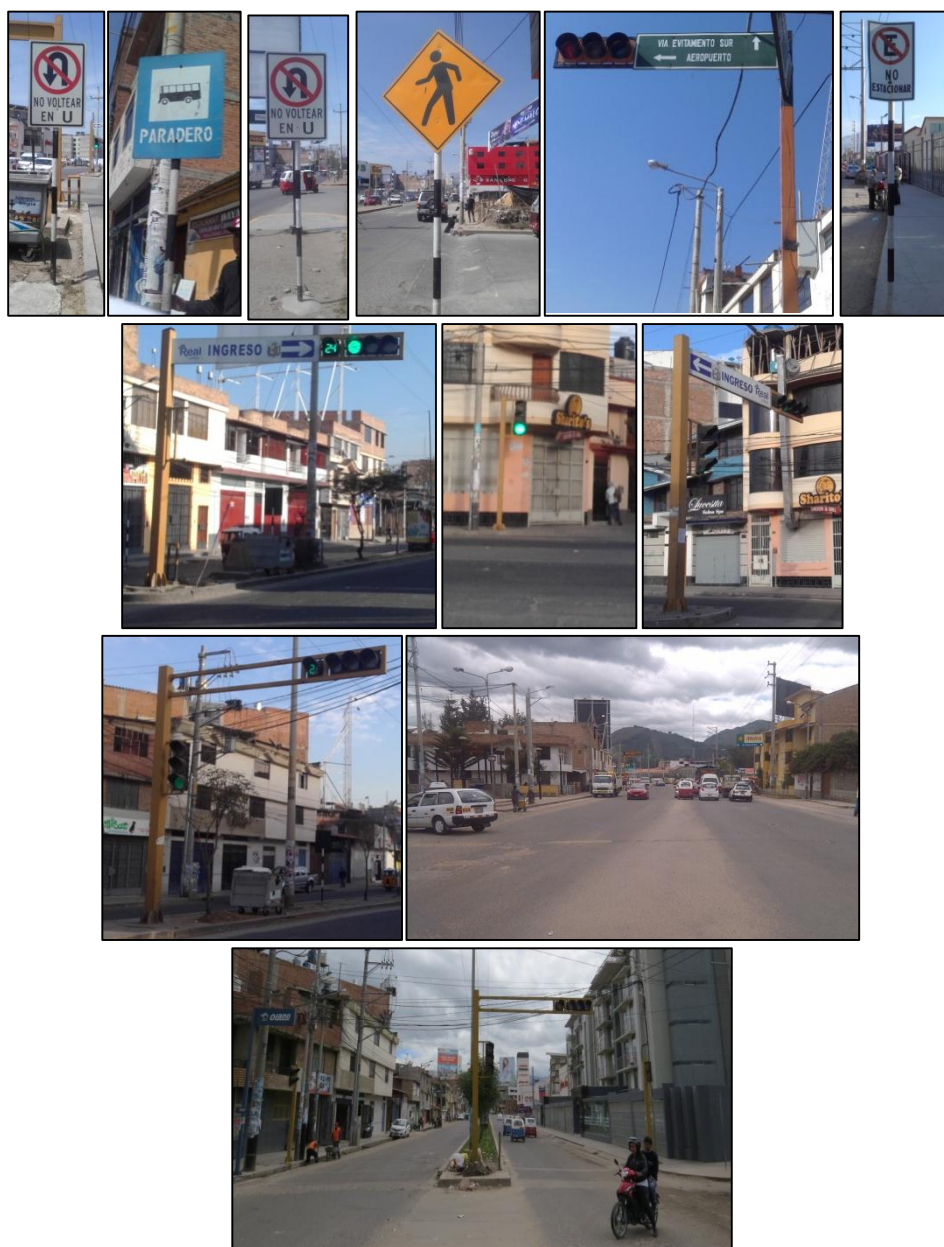
Fuente: Elaboración propia

- El CUADRO 08 corresponde al resultado de la calificación del estado y tipo de señal que se encuentra en la infraestructura vial del tramo en estudio, así tenemos que en el sentido Sur a Norte existe 5 señales horizontales cuyo estado es malo como se muestra en la Figura 10, así mismo existen 6 señales verticales cuyo estado es bueno, existen 2 dispositivos de control (semáforos) también en

buen estado. En el sentido Norte a Sur existe 2 señales horizontales cuyo estado es malo, así mismo existen 9 señales verticales cuyo estado es bueno, existen 3 dispositivos de control (semáforos) en buen estado. En toda la vía en estudio se verifica que la **señalización vertical** con un total de 20 unidades están en buen estado, ello lleva a concluir que el **nivel de vulnerabilidad es muy bajo**, a la vez que la **señalización horizontal** con un total de 328.08m<sup>2</sup> es mala ocasionando un **nivel de vulnerabilidad alto**, pudiendo producirse accidentes de tránsito.

Dice Palma en su estudio del año 2012, un desastre puede ser inducido donde existe actividad humana, esta probabilidad puede ser baja, media o alta y si no se realiza el análisis de vulnerabilidad no se podrá dar respuesta inmediata al desastre, estas respuestas o resiliencia viene a ser un conjunto de medidas de mitigación, que para el caso del estudio son actividades para la mejora de la infraestructura vial.

**Figura 10:** Señalización Vertical y Horizontal de la infraestructura vial.



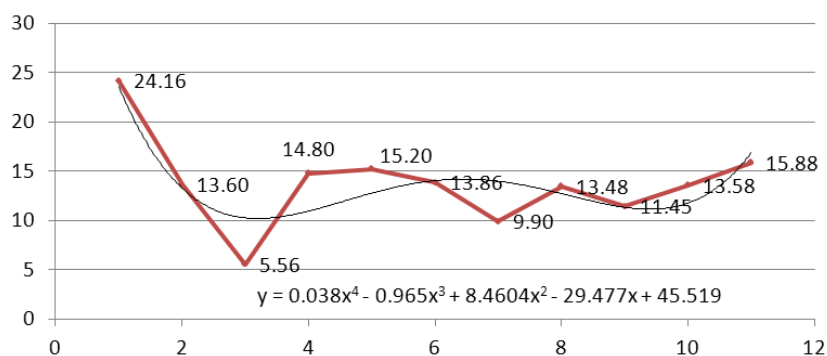
Fuente: Elaboración propia

- El CUADRO 09 corresponde al resultado de la medida de la velocidad de marcha, importante para determinar el nivel de servicio de la vía, se tomaron 20 datos en diferentes días y horarios, los cuales determinan un promedio de la **velocidad de marcha de 14.93 km/hr**, clasificando a la vía en un **nivel de servicio D**, en el marco teórico y obedeciendo las normas del reglamento nacional de tránsito en la zona urbana se debe transitar máximo a una velocidad de 40km/hr, es decir mínimamente nuestra vía en estudio debe tener un Nivel de

servicio B. Como se muestra en el CUADRO 09 ni haciendo el análisis por separado de los sentidos del tránsito se logra llegar al nivel de servicio C, ya que según los resultados la velocidad de marcha de Sur a Norte es de 15.29km/hr colocándolo también en el nivel de servicio D y la velocidad de marcha de Norte a Sur es de 14.56km/hr colocándolo también en el nivel de servicio D cuyo rango de velocidades es de 14 km/hr hasta los 20km/hr, no pertinente para la vía en estudio que funciona como vía de evitamiento y debería proporcionar un nivel de servicio tipo A.

Sotelo Montes en su estudio del año 2010, manifiesta que la infraestructura vial debe estar en acorde con el uso del suelo urbano, en el tramo de estudio se han desarrollado una serie de proyectos grandes de edificación como son centros comerciales, talleres, residenciales, universidades, entre otros; ello trajo consigo el aumento en el flujo vehicular, por tanto se veía venir una baja en la velocidad de marcha, el presente estudio de la vulnerabilidad hace evidente que los proyectos grandes de edificación fueron desarrollados sin tener en cuenta el impacto que se generaría en la infraestructura vial, es por ello que el nivel es muy alto.

**GRÁFICO 05: Variación de la velocidad de marcha en el tiempo, sobre la infraestructura vial sentido Sur a Norte**

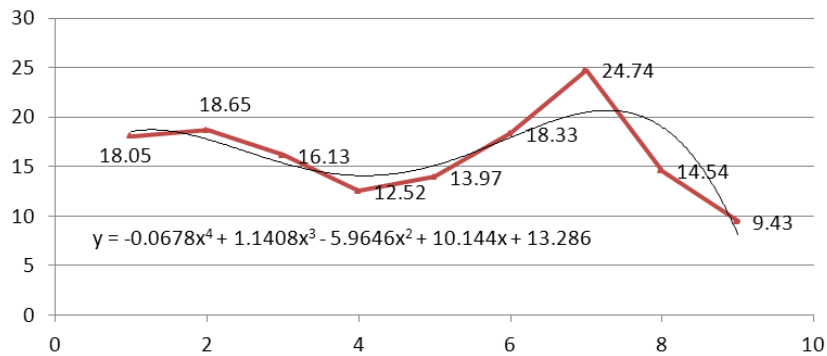


Fuente: Elaboración propia

El GRÁFICO 05, muestra la tendencia de la velocidad de marcha para el sentido Sur a Norte, los valores tienden a ser menores como lo muestra la línea de tendencia de grado 4, los picos de velocidades mayores se presenta pasada la

hora del volumen de tránsito máximo a su vez que el pico más bajo se muestra durante la hora de máxima demanda de la vía. Considerando el clasificador de la escala cromática la **velocidad de marcha en el sentido Sur a Norte** produce un **nivel de vulnerabilidad muy alto**.

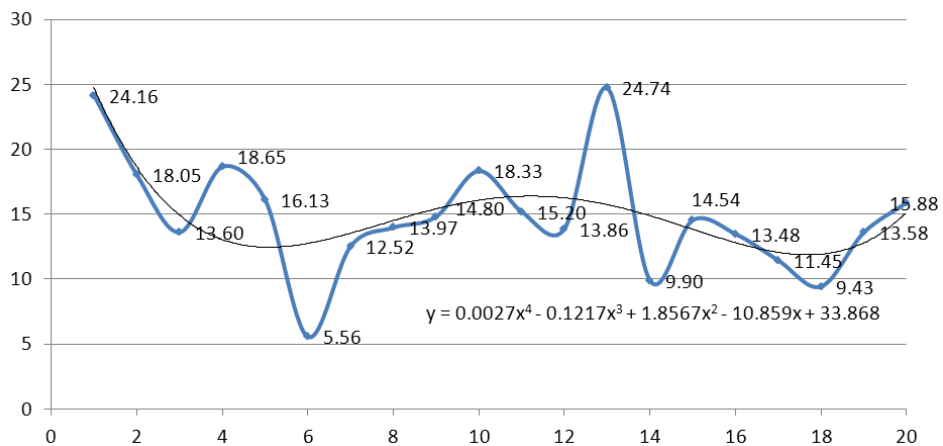
GRÁFICO 06: Variación de la velocidad de marcha en el tiempo, sobre la infraestructura vial sentido Norte a Sur



Fuente: Elaboración propia

El GRÁFICO 06, muestra la tendencia de la velocidad de marcha para el sentido Norte a Sur, los valores tienden a ser menores como lo muestra la línea de tendencia de grado 4, los picos de velocidades mayores se presenta pasada la hora del volumen de tránsito máximo a su vez que el pico más bajo se muestra durante la hora de máxima demanda de la vía. Considerando el clasificador de la escala cromática la **velocidad de marcha en el sentido Norte a Sur** produce un **nivel de vulnerabilidad muy alto**.

GRÁFICO 07: Variación de la velocidad de marcha en el tiempo, sobre la infraestructura vial total

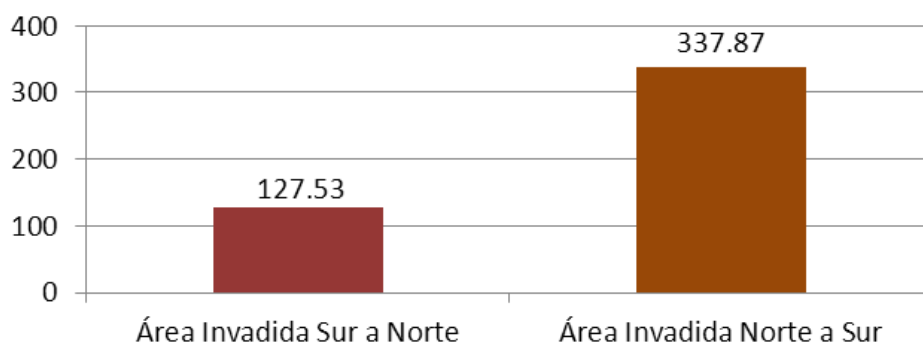


Fuente: Elaboración propia

El GRÁFICO 07, muestra la tendencia de la velocidad de marcha para toda la vía en estudio, los valores tienden a ser menores como lo muestra la línea de tendencia de grado 4, los picos de velocidades mayores se presenta pasada la hora del volumen de tránsito máximo, estos valores se presentan entre las 10:00 am y las 11:00am, a su vez que los valores más bajos se muestran durante la hora de máxima demanda de la vía es decir entre las 7:15am y 8:15am, Considerando el clasificador de la escala cromática la **velocidad de marcha en la vía** produce un **nivel de vulnerabilidad muy alto**. Se necesita aumentar la velocidad de marcha en un 100% es decir a 30km/hr para llegar a un nivel de servicio adecuado como el nivel de servicio B. cuyo rango es desde 30km/hr hasta los 40km/hr.

- En el CUADRO 10, se muestra los resultados de la superficie de la vía la cual es utilizada como estacionamiento, por ello se ha denominado como superficie invadida para estacionamiento. Para ambos sentidos de la vía analizados, sentido Sur a Norte y viceversa, el carril usado como estacionamiento es el carril derecho; obteniéndose que en el sentido Sur a Norte existe 127.53 m<sup>2</sup> de superficie utilizada como estacionamiento, en el sentido Norte a Sur existe 337.87 m<sup>2</sup> de superficie utilizada como estacionamiento; haciendo un total de 465.40 m<sup>2</sup> de superficie total en la vía utilizada como estacionamiento.

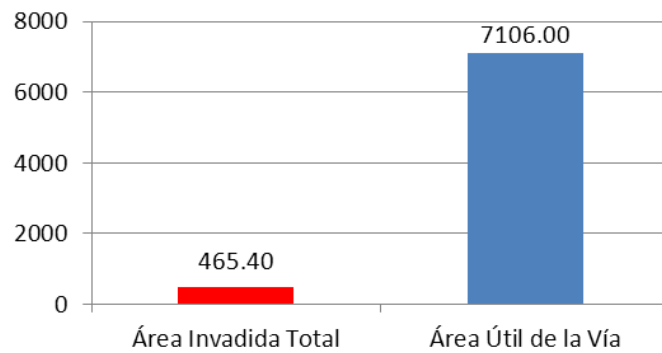
GRÁFICO 08: **Superficie invadida en metros cuadrados para estacionamiento, ambos sentidos de la vía**



Fuente: Elaboración propia

En el GRÁFICO 08 se puede analizar que la superficie invadida en metros cuadrados para estacionamiento el sentido Sur a Norte representa el 1.82% del total de la superficie útil de la vía en estudio, el sentido Norte a Sur representa el 4.69% del total de la superficie útil de la vía en estudio.

GRÁFICO 09: **Superficie invadida en metros cuadrados para estacionamiento, total de la vía**



Fuente: Elaboración propia

En el GRÁFICO 09 se puede analizar que la superficie total invadida para estacionamiento representa un 3.27% de la superficie total útil de la vía, según las normas para el diseño de vías un carril no puede ser utilizado como estacionamiento, por tanto el porcentaje de este parámetro debería ser nulo. Si a este resultado lo comparamos con la escala cromática resulta que la **superficie invadida** para estacionamiento genera un **nivel de vulnerabilidad alto**. Este criterio considera que la invasión de la superficie puede producir accidentes de tránsito muy graves.

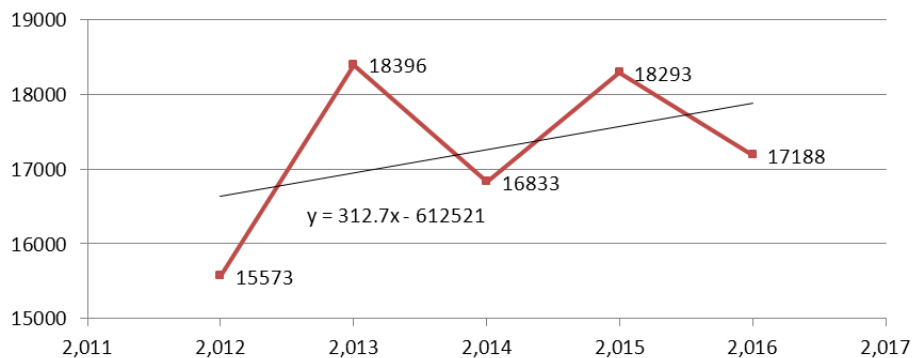
Nivel Bajo 0 % - 15 %	Nivel Medio 16 % - 35 %	Nivel Alto 36 % - 65 %	Nivel Muy Alto 66 % - 100 %

Bonilla Benito en su estudio del año 2006, realizado en la ciudad de Huancayo la invasión de la vía y que dificulta el flujo vehicular se presenta en horas de la mañana, debido a que existe una sobre oferta de transporte pero poca demanda de buses de transporte público, ocasionando ello que los buses se estacionen en las vías hasta lograr ocupar sus asientos, para el caso en estudio la invasión de la vía se da por la existencia de edificaciones como centros comerciales,

centros de estudio, talleres, restaurantes, comercio, zona residencial; que hacen que los usuarios dejen estacionados sus vehículos en la vía por que no existen playas de estacionamiento cercanas, definitivamente esto conlleva a que la vía sea usada solamente en un carril por sentido, y como se analizó la capacidad de la vía por carril está siendo superada en un 40 %.

- En el CUADRO 11, se muestran datos del número de licencias que se emiten en la provincia de Cajamarca, este cuadro permite darnos una idea que la demandada para conducir un vehículo va en crecimiento, si cada licencia se la relaciona con la existencia de un vehículo al año 2016 habrían 76,213 vehículos adicionales a los ya existentes antes del año 2012. Sin embargo si solo se analiza el valor de licencias nuevas la probabilidad de existencia de un vehículo por licencia es mayor, teniendo que al año 2016 se adicionaron 20,437 vehículos al parque automotor.

**GRÁFICO 10: Variación del número de licencias de conducir todas las modalidades en la provincia de Cajamarca**



Fuente: Elaboración propia

En el GRÁFICO 10 se evidencia el crecimiento positivo hacia la demanda de una licencia de conducir por tanto también hace evidente la existencia de mayor número de vehículos ingresando al parque automotor de la ciudad, con los valores antes descritos nos permite obtener que existirían 19,053 vehículos ingresando al parque automotor cada año y diariamente serian alrededor de 52 vehículos. Si queremos comparar a nuestra escala cromática estos resultados, basta que uno de estos vehículos ingrese a la vía en estudio para que genere un



**nivel muy alto de vulnerabilidad** ya que como se analizó en la capacidad de la vía esta está sobre poblada con más del 40% de su capacidad.

**CUADRO 12: Resumen del análisis de las dimensiones de las variables**

DIMENSION	UND	OBSERVACION	NIVEL DE VULNERABILIDAD
Agrietamiento	10.31%	-	BAJO
Superficie Dañada	30.44%	-	MEDIO
Capacidad de la vía	141%	Se supera la capacidad de la vía	MUY ALTO
Nivel de Servicio	D >100%	No se llega al nivel de servicio según el tipo de vía	MUY ALTO
Señalización	328m2	La totalidad de la señalización horizontal en mal estado	ALTO
Velocidad de marcha	37%	No se llega al total de la velocidad necesaria	MUY ALTO
Superficie Invasada/estacionamiento	6.51%	No debe existir m2 alguno de invasión	MUY ALTO

Fuente: Elaboración propia.

### 5.3 Contrastación de hipótesis

El estudio planteó la siguiente hipótesis: “La vulnerabilidad de la infraestructura vial ante el incremento del parque automotor en la Vía de Evitamiento Norte de la ciudad de Cajamarca, es alta y condiciona su afectación y deterioro”, hecha la investigación en campo, contrastando con el CUADRO 12 y el marco teórico dicha hipótesis se valida, ya que en el análisis y discusión de los resultados del estudio, el incremento del parque automotor en la ciudad ha causado afectación y deterioro en el tramo de la vía de evitamiento norte estudiado, aun así los resultados muestran para algunos parámetros mayor nivel de vulnerabilidad del planteado como también se tiene el parámetro de agrietamiento y superficie dañada, que invalidan la hipótesis. De los 9 parámetros estudiados 6 validan la hipótesis, por tanto se contrasta la misma.

## CONCLUSIONES

- a) La vulnerabilidad de la infraestructura vial ante el incremento del parque automotor en la Vía de Evitamiento Norte de la ciudad de Cajamarca es muy alta y condiciona su deterioro.
- b) El nivel de vulnerabilidad de la infraestructura vial, siendo este de rango muy alto. Los parámetros estudiados: agrietamiento, superficie dañada, aforo vehicular, señalización, velocidad de marcha, área invadida para estacionamiento, características geométricas, capacidad de la vía, nivel de servicio; resumen que el nivel de vulnerabilidad de la infraestructura vial ante el incremento del parque automotor en la Vía de Evitamiento Norte de la ciudad de Cajamarca está entre el Nivel Alto y Muy Alto.
- c) El porcentaje de deterioro de la infraestructura vial en la Vía de Evitamiento Norte de la ciudad de Cajamarca se midió en base al agrietamiento de la superficie y fue el 10,31% de agrietamiento; se midió a su vez la superficie dañada obteniendo 2 774,34 m<sup>2</sup> en el sentido Sur – Norte y 1 554,82 m<sup>2</sup> en el sentido Norte – Sur lo cual hacen un total del 30,44% de superficie dañada.
- d) El aforo vehicular en los puntos descritos en la metodología, permitió obtener un promedio de 10648 vehículos en sentido Sur – Norte y 9640 vehículos en sentido Norte – Sur, resultados que suman un total de 20288 vehículos promedio que transitan en el tramo en estudio cada día en un periodo de tiempo de 12 horas continuas desde las 7:00 am hasta las 19:00 pm.
- e) Se ha determinado que como parte de la infraestructura vial la señalización también cumple una función muy importante obteniéndose que existen 20 unidades de señales verticales en buen estado, por el contrario se verificó el mal estado de 328,08 m<sup>2</sup> de señalización horizontal.

- f) La velocidad de marcha fundamental para medir la vulnerabilidad de infraestructura vial ha sido calculada, permitiendo obtener que la velocidad de marcha promedio en sentido Sur – Norte es de 15,29 km/h y en sentido Norte – Sur es de 14,56 km/h. haciendo un promedio total de 14,93 km/h.
- g) El área de la superficie utilizada o invadida para estacionamiento que existe es de un 4,69% de la vía invadida en el sentido Norte – Sur y un 1,82% de la vía invadida en el sentido Sur – Norte.
- h) El nivel de servicio de la vía es del tipo “D” ya que la velocidad de marcha es de 14,93 km/h y que la capacidad se ve superada, teniendo como referencia el valor de 300 veh/hr/carril. Así se determina que la capacidad de la vía en el sentido Sur – Norte es de 444 veh/hr/carril, a su vez que la capacidad de la vía en el sentido Norte – Sur es de 402 veh/hr/carril. Esto es un 48% promedio que se supera la capacidad de la vía.
- i) Se ha relacionado la cantidad de licencias de conducir nuevas a la existencia de un vehículo, teniendo la probabilidad de que para el año 2016 el parque automotor de la provincia de Cajamarca ha incrementado en 20437 vehículos, descartando que las recategorizaciones, revalidaciones y duplicados suman más vehículos.
- j) La ciudad de Cajamarca inmersa en el crecimiento poblacional y también urbano se ve afectada de entre varios problemas de servicios, a uno de ellos como el de transporte sea este público o privado, este problema está claramente reflejado y asentándose más en el deterioro de la infraestructura vial de la ciudad.

## RECOMENDACIONES Y/O SUGERENCIAS

- a) Frente a la realidad vista en este estudio es recomendable que siendo Cajamarca una ciudad que viene creciendo desde la época prehispánica y se va consolidando como una de las ciudades más importantes del país, es que las autoridades locales deben trabajar planes de desarrollo y crecimiento urbano que se cumplan y se controlen a nivel de diseño técnico y nivel de ejecución, pues se está evidenciando la problemática del servicio de transporte y que este se refleja en la terrible congestión vehicular y deterioro de las vías de la ciudad.
- b) Para poder reducir el nivel alto y muy alto de vulnerabilidad de la infraestructura vial ante el incremento del parque automotor, se recomienda plantear soluciones a corto, mediano y largo plazo, que estas propuestas sean planteadas desde las áreas competentes de la municipalidad de Cajamarca; las de corto plazo ayudarían a solucionar el problema de manera rápida o urgente (caso del parchado y señalización de pistas), las de mediano plazo serían soluciones temporales (caso de cambio de paños o superficies dañadas y señalización de las vías) y las propuestas a largo plazo serían definitivas (caso de reconstruir y crear nuevas vías).
- c) Para el incremento y desorden del parque automotor, es recomendable que se realice planes de regulación y control del transporte tanto público como el privado de manera que no se presenten los “cuello de botella” en las vías y generen problema del congestionamiento vehicular, mejorar el sistema de señalización tanto vertical como horizontal.
- d) Respecto de las áreas invadidas para estacionamiento se recomienda habilitar playas de estacionamiento vehicular en los lotes grandes que aún no son edificados de manera que se evite invadir las vías.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Alberto Bull (Compilador).** 2003. *CONGESTIÓN DEL TRÁNSITO*, El Problema y cómo enfrentarlo. Santiago De Chile : Naciones Unidas-GTZ , 2003.

**Carlos Miguel Alfaro Ochoa y Virginia Marzal Sánchez.** 2011. *APORTES A LINEAMIENTOS DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL CON INCIDENCIA EN LA GESTION DE RIESGOS CASO DE LA PROVINCIA DE LA CONVENCION CUSCO*. Lima : s.n., 2011.

**Carlos Huamancayo Quiquín.** 2012. *ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE TRAMOS DE CONCENTRACIÓN DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO PROPUESTA DE MITIGACIÓN EN LA VÍA LIBERTADORES – AYACUCHO*. Lima : s.n., 2012.

**Diana Patricia Moreno Palacio.** 2008. *EL PROBLEMA DE MOVILIDAD EN CAMPUS UNIVERSITARIOS. CASO APLICADO: UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA*. Colombia : s.n., 2008.

**Decreto Supremo N° 048-2011-PCM,** 2011. *REGLAMENTO DE LA LEY N° 29664*. Lima : s.n., 2011.

**ESAN y Protec,** 2014. *DIAGNÓSTICO URBANO PARA EL PLAN DE DESARROLLO URBANO DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA 2014-2024*. Cajamarca : s/e, 2014.

**Gobierno Regional de Cajamarca,** 2011. *PLAN VIAL DEPARTAMENTAL DE CAJAMARCA 2011-2020*. Cajamarca : s.n., 2011.

**Humberto Lagos, Bruno Quesada y Alberto Ramirez.** 2012. <http://www.google.com.pe>. 11 de Setiembre de 2012. [Citado el: 27 de Agosto de 2016.]

**Héctor Edgar Bonilla Benito.** 2006. *ANÁLISIS DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO EN LA CIUDAD DE HUANCAYO*. Lima : s.n., 2006.

**Isabel Moromi Nakata.** 2010. *ESTUDIO DE LA RELACIÓN ENTRE EL NIVEL DESARROLLO DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL, ACTIVIDAD PRODUCTIVA Y EL DESARROLLO HUMANO*. Lima : s.n., 2010.

**INDECI. 2006.** *MANUAL BÁSICO PARA LA ESTIMACIÓN DEL RIESGO.* Lima : s.n., 2006.

**INEI. 2011.** *ANÁLISIS DE LOS ACCIDENTES DE TRÁNSITO OCURRIDOS EN EL AÑO 2011.* Lima : s.n., 2011.

**José Antonio Palma Colindres. 2012.** *ANÁLISIS DE RIESGO Y VULNERABILIDAD EN PROYECTOS DE CARRETERAS.* Guatemala : s.n., 2012.

[https://es.wikipedia.org/wiki/Riesgo.](https://es.wikipedia.org/wiki/Riesgo)

**Javier Enrique Sotelo Montes. 2010.** *ANÁLISIS DE IMPACTOS DEL DESARROLLO DE PROYECTOS URBANOS EN EL SISTEMA VIAL Y DE TRANSPORTE.* Lima : s.n., 2010.

**Ley N°29664, 2011.** LEY QUE CREA EL SISTEMA NACIONAL DE GESTION DEL RIESGO DE DESATRES (SINAGERD). Lima : s.n., 2011.

**Municipalidad Provincial de Cajamarca, Gerencia de desarrollo territorial. 2011.** *PLAN DE RUTAS INTERDISTRITAL DE CAJAMARCA.* Cajamarca : s.n., 2011.

**Reglamento Nacional de Edificaciones. 2006.** *CE.010 ACERAS Y PAVIMENTOS.* Lima : s/e, 2006.

**Ricardo Javier Miranda Rebolledo. 2010.** *DETERIOROS EN PAVIMENTOS.* Valdivia-Chile : S/E, 2010.

**Sergio Manuel Huamán Sangay. 2007.** *ESTUDIO DEL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR EN LA ZONA MONUMENTAL DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA.* Cajamarca - Perú : S/E, 2007. 1.

**Sergio Manuel Huaman Sangay. 2015.** *INGENIERIA DE TRÁNSITO.* Cajamarca : s.n., 2015.

**Victor Magaña. 2012.** Guía Metodológica para la Evaluación de la Vulnerabilidad ante Cambio Climático/ Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). México s.n. 2012.

**Zoila Ziulay Yi Yang. 2011.** *EL ENFOQUE TERRITORIAL Y PARTICIPATIVO EN LA PLANIFICACIÓN VIAL: PROPUESTAS, CRITERIOS Y PAUTAS METODOLÓGICAS PARA LA PRIORIZACIÓN DE INTERVENCIONES EN REDES VECINALES.* Lima : s.n., 2011.

## APÉNDICES

### Apéndice 1: Medida del agrietamiento

N°	SENTIDO	CARRIL		UBICACIÓN	LONGITUD (m)	ESPESOR (cm)
		D	I			
1	S-N		1	0+000 A 0+125	0.84	4
2	S-N		1		0.95	5
3	S-N	1			3.66	4
4	S-N	1		0+125 A 0+250	5.50	5
5	S-N		1	0+250 A 0+375	4.90	2
6	S-N	1		0+375 A 0+725	2.45	5
7	S-N	1			1.20	1
8	S-N	1			1.50	1
9	S-N	1			3.84	1
10	S-N	1			3.00	2
11	S-N	1		0+725 A 0+935	2.00	2
12	S-N		1		1.10	1
13	S-N		1		0.80	1
14	S-N		1		1.10	2
15	S-N	1			2.30	3
16	S-N	1			2.20	2
17	S-N	1			2.35	1
18	S-N	1			3.35	2
19	S-N	1			2.10	1
20	N-S		1	0+935 A 0+800	1.05	1
21	N-S	1			1.70	2
22	N-S	1			1.97	2
23	N-S	1	1		2.40	4
24	N-S	1			4.40	4
25	N-S	1			5.76	2
26	N-S		1	1.20	2	
27	N-S		1	0+800 A 0+750	1.10	1
28	N-S	1			2.45	1
29	N-S	1		0+750 A 0+500	2.45	2
30	N-S		1		1.50	1
31	N-S		1	0+500 A 0+250	2.10	2
32	N-S		1		1.50	1
33	N-S		1		0.80	1
34	N-S		1		2.50	1
35	N-S		1		2.00	2
36	N-S		1		1.80	1
37	N-S		1		1.90	1
38	N-S		1		3.00	2
39	N-S		1	0+250 A 0+150	2.90	2
40	N-S	1			3.05	1
41	N-S	1		0+150 A 0+000	1.80	1
42	N-S	1			1.90	1
<b>TOTAL</b>		<b>23</b>	<b>20</b>		<b>96.37</b>	<b>1.9</b>
<b>PORCENTAJE DE GRIETA EN LA VIA =</b>					<b>10.31%</b>	
<b>PORCENTAJE DE ANCHO DE GRIETA EN LA VIA =</b>					<b>0.12%</b>	

Donde: S-N es sentido de SUR a NORTE y N-S es sentido de NORTE a SUR

Fuente : Elaboración propia



## Apéndice 2: Medida de la superficie dañada

N°	SENTIDO	CARRIL		UBICACIÓN	LONGITUD (m)	ANCHO (m)	AREA (m <sup>2</sup> )
		D	I				
1	S-N		1	0+000 A 0+125	8.40	4.00	33.60
2	S-N	1	1		5.10	7.10	36.21
3	S-N		1		2.56	0.60	1.54
4	S-N	1	1		12.60	5.53	69.68
5	S-N	1	1		5.65	3.95	22.32
6	S-N	1	1		7.80	3.40	26.52
7	S-N	1	1		23.70	3.80	90.06
8	S-N	1	1		8.60	6.50	55.90
9	S-N	1	1	0+125 A 0+250	40.00	6.55	262.00
10	S-N	1	1		10.60	4.15	43.99
11	S-N	1	1	0+250 A 0+375	19.10	3.60	68.76
12	S-N	1	1		30.00	6.55	196.50
13	S-N	1	1	0+375 A 0+425	10.80	5.50	59.40
14	S-N	1	1		30.00	5.20	156.00
15	S-N	1	1	0+425 A 0+500	32.00	6.57	210.24
16	S-N		1	0+500 A 0+575	30.50	4.00	122.00
17	S-N	1	1		21.75	3.10	67.43
18	S-N	1	1	0+575 A 0+675	29.70	6.15	182.66
19	S-N	1	1		22.00	6.40	140.80
20	S-N	1	1		26.56	6.59	175.03
21	S-N	1	1	0+675 A 0+800	21.70	6.10	132.37
22	S-N	1	1		26.00	6.10	158.60
23	S-N	1	1		45.26	7.54	341.26
24	S-N	1	1	0+800 A 0+935	20.10	3.85	77.39
25	S-N		1		10.50	4.20	44.10
1	N-S	1	1	0+935 A 0+875	6.17	5.60	34.55
2	N-S		1		3.80	2.60	9.88
3	N-S	1			1.90	1.26	2.39
4	N-S	1			19.00	1.60	30.40
5	N-S		1	0+875 A 0+750	10.10	3.15	31.82
6	N-S	1			10.50	2.15	22.58
7	N-S	1	1		12.00	4.80	57.60
8	N-S	1	1		30.00	3.50	105.00
9	N-S	1	1	0+750 A 0+700	30.00	3.45	103.50
10	N-S	1	1		30.00	3.50	105.00
11	N-S		1	0+700 A 0+650	27.80	4.10	113.98
12	N-S	1			4.50	1.80	8.10
13	N-S		1		20.00	2.10	42.00
14	N-S		1	0+650 A 0+575	21.35	3.20	68.32
15	N-S	1	1	0+575 A 0+500	3.40	6.80	23.12
16	N-S		1		19.05	2.30	43.82
17	N-S		1		21.80	3.00	65.40
18	N-S		1		19.20	3.20	61.44
19	N-S	1		0+500 A 0+425	1.10	1.80	1.98
20	N-S	1			8.50	1.87	15.90
21	N-S	1	1		15.90	7.80	124.02
22	N-S		1	0+425 A 0+250	35.00	3.60	126.00
23	N-S		1		36.70	3.50	128.45
24	N-S		1		14.40	4.00	57.60
25	N-S		1	0+250 A 0+125	15.30	3.30	50.49
26	N-S	1	1		1.25	7.20	9.00
27	N-S	1			2.30	1.90	4.37
28	N-S	1			1.35	1.40	1.89
29	N-S	1	1	0+125 A 0+000	3.90	3.70	14.43
30	N-S		1		10.00	1.70	17.00
31	N-S		1		11.70	1.65	19.31
32	N-S		1		8.75	2.00	17.50
33	N-S	1	1		5.10	7.45	38.00
<b>TOTAL</b>		<b>39</b>	<b>50</b>				<b>4329.15</b>
<b>ANCHO TOTAL EN METROS DEL CARRIL SENTIDO N-S =</b>							<b>7.70</b>
<b>ANCHO TOTAL EN METROS DEL CARRIL SENTIDO S-N =</b>							<b>7.51</b>
<b>AREA SUPERFICIE UTIL EN M2 SENTIDO N-S =</b>							<b>7199.50</b>
<b>AREA SUPERFICIE UTIL EN M2 SENTIDO S-N =</b>							<b>7021.85</b>
<b>AREA SUPERFICIE DAÑADA SENTIDO S-N =</b>							<b>39.51%</b>
<b>AREA SUPERFICIE DAÑADA SENTIDO N-S =</b>							<b>21.60%</b>
<b>AREA SUPERFICIE DAÑADA =</b>							<b>30.44%</b>

Donde: S-N es sentido de SUR a NORTE y N-S es sentido de NORTE a SUR

Fuente : Elaboración propia

**Apéndice 3: Aforo vehicular en el punto 1, sentido Sur – Norte, año 2016**

HORA	Sentido	TIPO DE VEHICULO							TOTAL
		Mototaxi / Motolineal	Station wagon / Taxi	Auto Particular	Camioneta Pick Up	Combi	Omnibus	Camión, Volquete, Trailer, Maq. Pesada	
07:00 A 07:15	S-N	138	39	65	15	6	3	14	280
07:15 A 07:30	S-N	240	31	86	19	1	4	5	386
07:30 A 07:45	S-N	194	24	41	15	1	3	6	284
07:45 A 08:00	S-N	240	31	50	10	3	5	15	354
08:00 A 08:15	S-N	91	15	27	7	2	3	10	155
08:15 A 08:30	S-N	122	21	32	6	4	5	16	206
08:30 A 08:45	S-N	135	37	30	19	6	3	13	243
08:45 A 09:00	S-N	145	31	43	19	8	4	16	266
09:00 A 09:15	S-N	180	40	35	13	4	5	15	292
09:15 A 09:30	S-N	116	27	47	17	3	4	11	225
09:30 A 09:45	S-N	137	27	33	25	4	3	11	240
09:45 A 10:00	S-N	135	29	46	17	6	3	13	249
10:00 A 10:15	S-N	110	35	50	24	3	4	12	238
10:15 A 10:30	S-N	144	29	66	21	1	7	13	281
10:30 A 10:45	S-N	176	46	48	17	2	4	21	314
10:45 A 11:00	S-N	220	33	44	15	8	4	12	336
11:00 A 11:15	S-N	114	33	47	35	9	3	19	260
11:15 A 11:30	S-N	130	22	56	28	3	3	12	254
11:30 A 11:45	S-N	100	29	34	22	2	6	14	207
11:45 A 12:00	S-N	155	50	53	32	9	3	12	314
12:00 A 12:15	S-N	135	39	61	21	4	3	16	279
12:15 A 12:30	S-N	169	40	46	29	8	3	16	311
12:30 A 12:45	S-N	169	21	47	21	1	2	20	281
12:45 A 13:00	S-N	150	28	58	24	15	4	12	291
13:00 A 13:15	S-N	144	40	68	20	5	3	13	293
13:15 A 13:30	S-N	143	40	65	13	8	4	6	279
13:30 A 13:45	S-N	126	21	49	15	5	2	17	235
13:45 A 14:00	S-N	112	17	43	11	3	3	8	197
14:00 A 14:15	S-N	91	20	45	6	2	1	7	172
14:15 A 14:30	S-N	186	30	64	19	6	2	8	315
14:30 A 14:45	S-N	146	30	44	16	3	2	9	250
14:45 A 15:00	S-N	107	40	42	17	4	2	14	226
15:00 A 15:15	S-N	112	28	40	35	5	1	11	232
15:15 A 15:30	S-N	146	30	43	23	2	3	10	257
15:30 A 15:45	S-N	184	34	40	20	2	1	8	289
15:45 A 16:00	S-N	152	32	42	24	5	6	13	274
16:00 A 16:15	S-N	105	30	59	27	11	3	15	250
16:15 A 16:30	S-N	122	33	35	20	5	5	15	235
16:30 A 16:45	S-N	102	32	34	12	3	2	6	191
16:45 A 17:00	S-N	160	40	66	23	7	7	11	314
17:00 A 17:15	S-N	136	33	51	23	4	2	10	259
17:15 A 17:30	S-N	163	35	51	31	5	3	8	296
17:30 A 17:45	S-N	160	40	67	21	8	3	13	312
17:45 A 18:00	S-N	204	28	45	23	10	4	13	327
18:00 A 18:15	S-N	120	21	30	12	3	2	12	200
18:15 A 18:30	S-N	108	35	42	16	5	4	14	224
18:30 A 18:45	S-N	112	30	55	20	3	2	7	229
18:45 A 19:00	S-N	130	32	55	30	4	3	11	265
<b>TOTAL</b>		<b>6916</b>	<b>1508</b>	<b>2320</b>	<b>948</b>	<b>231</b>	<b>161</b>	<b>583</b>	<b>12667</b>

**Apéndice 4:** Aforo vehicular en el punto 1, sentido Norte – Sur, año 2016

HORA	Sentido	TIPO DE VEHICULO							TOTAL
		Mototaxi / Motolineal	Station wagon / Taxi	Auto Particular	Camioneta Pick Up	Combi	Omnibus	Camión, Volquete, Trailer, Maq. Pesada	
07:00 A 07:15	N-S	111	25	52	9	12	2	4	215
07:15 A 07:30	N-S	120	17	71	11	6	3	7	235
07:30 A 07:45	N-S	172	29	73	18	10	3	13	318
07:45 A 08:00	N-S	163	25	65	21	5	5	16	300
08:00 A 08:15	N-S	149	24	48	28	5	3	9	266
08:15 A 08:30	N-S	133	21	52	19	8	4	7	244
08:30 A 08:45	N-S	99	15	33	19	1	0	13	180
08:45 A 09:00	N-S	118	14	38	12	5	4	8	199
09:00 A 09:15	N-S	119	17	47	20	4	2	11	220
09:15 A 09:30	N-S	131	18	56	13	6	4	7	235
09:30 A 09:45	N-S	120	15	52	24	5	3	10	229
09:45 A 10:00	N-S	115	22	48	15	4	3	12	219
10:00 A 10:15	N-S	137	24	44	27	10	2	15	259
10:15 A 10:30	N-S	128	30	55	18	4	4	18	257
10:30 A 10:45	N-S	138	19	37	18	4	4	23	243
10:45 A 11:00	N-S	112	26	37	33	6	2	13	229
11:00 A 11:15	N-S	143	24	48	27	10	2	13	267
11:15 A 11:30	N-S	130	17	59	27	5	4	28	270
11:30 A 11:45	N-S	105	27	65	25	4	3	17	246
11:45 A 12:00	N-S	126	24	39	27	9	3	17	245
12:00 A 12:15	N-S	147	26	40	28	7	3	16	267
12:15 A 12:30	N-S	138	16	62	29	4	4	10	263
12:30 A 12:45	N-S	172	31	54	22	2	3	18	302
12:45 A 13:00	N-S	134	29	53	12	6	3	12	249
13:00 A 13:15	N-S	168	23	49	12	4	3	13	272
13:15 A 13:30	N-S	101	20	47	15	2	4	14	203
13:30 A 13:45	N-S	119	18	45	15	5	5	17	224
13:45 A 14:00	N-S	0	0	0	0	0	0	0	0
14:00 A 14:15	N-S	97	21	30	22	1	2	7	180
14:15 A 14:30	N-S	111	28	39	14	6	4	8	210
14:30 A 14:45	N-S	137	16	46	41	8	1	9	258
14:45 A 15:00	N-S	146	24	51	35	3	2	14	275
15:00 A 15:15	N-S	124	17	49	27	7	2	11	237
15:15 A 15:30	N-S	127	39	31	30	6	2	10	245
15:30 A 15:45	N-S	90	56	49	26	5	8	8	242
15:45 A 16:00	N-S	106	33	45	22	3	7	13	229
16:00 A 16:15	N-S	97	31	55	27	8	8	15	241
16:15 A 16:30	N-S	116	24	44	31	8	7	15	245
16:30 A 16:45	N-S	106	23	29	23	5	1	6	193
16:45 A 17:00	N-S	125	28	26	22	8	7	11	227
17:00 A 17:15	N-S	122	34	37	3	5	3	10	214
17:15 A 17:30	N-S	126	23	52	39	9	5	8	262
17:30 A 17:45	N-S	95	52	52	20	3	4	13	239
17:45 A 18:00	N-S	173	18	38	29	11	3	13	285
18:00 A 18:15	N-S	145	27	32	29	12	3	12	260
18:15 A 18:30	N-S	164	15	52	35	14	2	14	296
18:30 A 18:45	N-S	149	18	29	31	9	4	7	247
18:45 A 19:00	N-S	147	27	37	35	7	5	11	269
<b>TOTAL</b>		<b>6051</b>	<b>1150</b>	<b>2192</b>	<b>1085</b>	<b>291</b>	<b>165</b>	<b>576</b>	<b>11510</b>

**Apéndice 5: Aforo vehicular en el punto 2, sentido Sur – Norte, año 2016**

HORA	Sentido	TIPO DE VEHICULO							TOTAL
		Mototaxi / Motolineal	Station wagon / Taxi	Auto Particular	Camioneta Pick Up	Combi	Omnibus	Camión, Volquete, Trailer, Maq. Pesada	
07:00 A 07:15	S-N	82	10	33	12	1	2	4	144
07:15 A 07:30	S-N	130	13	60	13	3	3	6	228
07:30 A 07:45	S-N	125	14	39	12	2	4	14	210
07:45 A 08:00	S-N	115	16	54	9	4	6	16	220
08:00 A 08:15	S-N	125	14	33	24	1	5	6	208
08:15 A 08:30	S-N	96	14	17	6	3	2	8	146
08:30 A 08:45	S-N	82	7	17	23	6	5	13	153
08:45 A 09:00	S-N	85	15	35	14	2	2	6	159
09:00 A 09:15	S-N	102	12	35	14	3	2	7	175
09:15 A 09:30	S-N	73	9	25	16	5	4	9	141
09:30 A 09:45	S-N	84	11	19	22	3	3	11	153
09:45 A 10:00	S-N	101	16	21	24	4	5	14	185
10:00 A 10:15	S-N	94	12	22	17	6	3	13	167
10:15 A 10:30	S-N	117	13	21	19	2	2	11	185
10:30 A 10:45	S-N	93	6	18	21	3	4	12	157
10:45 A 11:00	S-N	67	9	18	24	4	3	6	131
11:00 A 11:15	S-N	73	12	32	23	2	3	15	160
11:15 A 11:30	S-N	59	19	43	26	6	3	17	173
11:30 A 11:45	S-N	81	23	32	25	3	4	16	184
11:45 A 12:00	S-N	88	21	35	20	7	3	8	182
12:00 A 12:15	S-N	84	31	33	20	6	4	9	187
12:15 A 12:30	S-N	90	11	41	15	3	4	8	172
12:30 A 12:45	S-N	67	25	47	18	1	6	15	179
12:45 A 13:00	S-N	64	20	48	13	3	2	16	166
13:00 A 13:15	S-N	91	16	55	11	2	3	5	183
13:15 A 13:30	S-N	76	17	59	20	2	5	14	193
13:30 A 13:45	S-N	66	13	58	7	4	3	14	165
13:45 A 14:00	S-N	75	11	42	14	5	2	6	155
14:00 A 14:15	S-N	76	13	30	11	3	2	2	137
14:15 A 14:30	S-N	100	13	48	10	3	3	21	198
14:30 A 14:45	S-N	105	21	39	10	5	4	9	193
14:45 A 15:00	S-N	70	18	37	32	1	3	14	175
15:00 A 15:15	S-N	44	11	38	20	0	3	10	126
15:15 A 15:30	S-N	88	7	40	11	2	2	8	158
15:30 A 15:45	S-N	75	17	47	22	4	5	12	182
15:45 A 16:00	S-N	85	9	36	13	2	4	12	161
16:00 A 16:15	S-N	90	17	37	33	6	6	13	202
16:15 A 16:30	S-N	67	20	45	18	4	3	14	171
16:30 A 16:45	S-N	84	23	46	37	5	3	14	212
16:45 A 17:00	S-N	80	13	53	25	5	3	10	189
17:00 A 17:15	S-N	90	30	40	25	2	4	19	210
17:15 A 17:30	S-N	92	20	60	17	4	2	10	205
17:30 A 17:45	S-N	88	22	45	20	1	3	9	188
17:45 A 18:00	S-N	110	16	40	27	6	2	12	213
18:00 A 18:15	S-N	87	15	62	34	3	4	7	212
18:15 A 18:30	S-N	102	23	39	25	6	2	14	211
18:30 A 18:45	S-N	94	30	50	32	2	7	9	224
18:45 A 19:00	S-N	90	23	52	20	0	4	12	201
<b>TOTAL</b>		<b>4202</b>	<b>771</b>	<b>1876</b>	<b>924</b>	<b>160</b>	<b>166</b>	<b>530</b>	<b>8629</b>

**Apéndice 6:** Aforo vehicular en el punto 2, sentido Norte – Sur, año 2016

HORA	Sentido	TIPO DE VEHICULO							TOTAL
		Mototaxi / Motolineal	Station wagon / Taxi	Auto Particular	Camioneta Pick Up	Combi	Omnibus	Camión, Volquete, Trailer, Maq. Pesada	
07:00 A 07:15	N-S	52	16	13	10	5	3	12	111
07:15 A 07:30	N-S	60	31	20	33	7	1	3	155
07:30 A 07:45	N-S	75	45	21	60	5	10	6	222
07:45 A 08:00	N-S	100	17	35	40	5	5	12	214
08:00 A 08:15	N-S	99	28	20	40	3	1	12	203
08:15 A 08:30	N-S	63	16	7	26	2	7	11	132
08:30 A 08:45	N-S	60	10	7	28	3	8	10	126
08:45 A 09:00	N-S	70	20	5	30	6	5	7	143
09:00 A 09:15	N-S	62	26	9	20	12	14	12	155
09:15 A 09:30	N-S	68	22	30	42	21	12	17	212
09:30 A 09:45	N-S	66	27	17	22	15	7	13	167
09:45 A 10:00	N-S	75	17	22	32	9	6	16	177
10:00 A 10:15	N-S	70	27	18	18	12	12	17	174
10:15 A 10:30	N-S	68	32	27	17	7	17	13	181
10:30 A 10:45	N-S	62	27	23	19	17	7	18	173
10:45 A 11:00	N-S	60	27	28	29	12	6	19	181
11:00 A 11:15	N-S	60	25	14	50	7	6	15	177
11:15 A 11:30	N-S	80	39	31	44	6	9	10	219
11:30 A 11:45	N-S	60	29	46	35	12	7	17	206
11:45 A 12:00	N-S	58	20	17	17	4	4	13	133
12:00 A 12:15	N-S	62	48	22	47	7	7	8	201
12:15 A 12:30	N-S	66	20	18	31	17	16	13	181
12:30 A 12:45	N-S	82	22	26	36	7	4	14	191
12:45 A 13:00	N-S	65	27	36	36	3	6	10	183
13:00 A 13:15	N-S	56	16	27	33	12	12	6	162
13:15 A 13:30	N-S	67	46	32	45	13	6	10	219
13:30 A 13:45	N-S	52	11	11	35	14	6	17	146
13:45 A 14:00	N-S	75	13	16	21	2	5	18	150
14:00 A 14:15	N-S	35	3	3	0	8	5	1	55
14:15 A 14:30	N-S	65	29	22	32	6	7	17	178
14:30 A 14:45	N-S	66	13	12	17	6	4	8	126
14:45 A 15:00	N-S	63	10	8	15	7	6	7	116
15:00 A 15:15	N-S	70	21	11	30	2	7	11	152
15:15 A 15:30	N-S	70	19	19	29	7	6	8	158
15:30 A 15:45	N-S	70	25	22	26	5	2	8	158
15:45 A 16:00	N-S	62	21	15	27	8	5	8	146
16:00 A 16:15	N-S	73	16	15	31	5	4	8	152
16:15 A 16:30	N-S	57	18	29	12	3	3	16	138
16:30 A 16:45	N-S	45	27	35	17	2	3	7	136
16:45 A 17:00	N-S	50	19	45	23	3	4	13	157
17:00 A 17:15	N-S	55	30	37	17	2	2	12	155
17:15 A 17:30	N-S	60	26	40	20	6	2	4	158
17:30 A 17:45	N-S	55	15	24	15	1	4	12	126
17:45 A 18:00	N-S	60	18	21	12	3	3	8	125
18:00 A 18:15	N-S	60	16	17	10	7	2	15	127
18:15 A 18:30	N-S	70	25	35	22	5	2	12	171
18:30 A 18:45	N-S	69	26	44	15	5	4	12	175
18:45 A 19:00	N-S	80	32	29	12	4	4	6	167
<b>TOTAL</b>		<b>3128</b>	<b>1113</b>	<b>1081</b>	<b>1278</b>	<b>340</b>	<b>288</b>	<b>542</b>	<b>7770</b>

## Apéndice 7

### PROPUESTA DE APLICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

#### “GUÍA METODOLÓGICA PARA IDENTIFICAR Y REDUCIR LA VULNERABILIDAD DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA, ANTE EL INCREMENTO DEL PARQUE AUTOMOTOR”

### CONTENIDO

<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>117</b>
<b>II. PRINCIPIOS DE LA PROPUESTA.....</b>	<b>118</b>
<b>III. OBJETIVOS.....</b>	<b>119</b>
<b>IV. METODOLOGÍA.....</b>	<b>119</b>
1. ¿Cómo gestionar la identificación y reducción de la vulnerabilidad?.....	119
2. Tomar la decisión, organizarse y dividir las tareas.....	120
3. Revisión de las principales amenazas y potenciales afectaciones, reconocer las características del territorio.....	120
4. Reconocer los peligros.....	121
5. Identificar las vulnerabilidades.....	121
6. Análisis de los elementos del sistema de infraestructura vial.....	122
7. Análisis y elaboración del mapa de vulnerabilidades.....	122
8. Escenario de afectaciones.....	123
9. Actividades para reducir las vulnerabilidades y su costo.....	124
10. Diseñar acciones de prevención.....	124
11. Determinar los recursos necesarios.....	124
12. Análisis del costo de reducción de daños para escenarios de menor y extremo daño.....	125
13. Programar actividades y diseñar el plan de contingencia.....	125
<b>V. CONCEPTOS BÁSICOS.....</b>	<b>126</b>

# **GUÍA METODOLÓGICA PARA IDENTIFICAR Y REDUCIR LA VULNERABILIDAD DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA, ANTE EL INCREMENTO DEL PARQUE AUTOMOTOR**

## **I. INTRODUCCIÓN**

Perú es un país vulnerable frente a diversos peligros y Cajamarca siendo una ciudad del norte del Perú no es ajena a la vulnerabilidad por diferentes peligros. En este escenario, proponer metodologías que permitan reducir los porcentajes altos de vulnerabilidad, entre ellas la vulnerabilidad física, cumple un rol muy importante al propiciar una interacción armoniosa y sostenible entre el entorno físico, natural y la sociedad.

Esta propuesta está dirigida a los empleados del sector público del nivel local, así como a diversos profesionales inmersos en la elaboración y diseño de proyectos de infraestructura vial, de modo que puedan revisar el contenido de la propuesta para la reducción de la vulnerabilidad que se presenta en el sistema de infraestructura vial de la ciudad; y ayudar a que los gobiernos locales detecten las principales vulnerabilidades generadas por el incremento acelerado del parque automotor, de manera tal que se definan las acciones para mitigarlas, analicen los costos de implementación de estas acciones y determinen su incorporación en los nuevos proyectos de inversión pública.

Se plantea esta guía, para generar capacidades para reducir la vulnerabilidad que enfrenta el sistema de infraestructura vial de la ciudad de Cajamarca frente al peligro tecnológico como el incremento del parque automotor.

Esta guía se implementa integralmente a través de la gestión prospectiva, correctiva y reactiva para garantizar la formación de una cultura de prevención, y el desarrollo de capacidades en la atención y rehabilitación del servicio de transitabilidad vehicular y peatonal, así como para la reconstrucción del sistema de infraestructura vial de la ciudad.

En la guía se propone una secuencia de pasos, en cada uno de los cuales se desarrollan diversas actividades. Mediante el análisis colectivo y consensuado de los involucrados, con la finalidad de obtener subproductos que servirán como insumos para la elaboración final de un plan de contingencia.

Para una mejor organización se sugiere a quienes desarrollen los pasos de esta guía, considerar tres momentos.

El primero está orientado a motivar, sensibilizar y organizar la comisión de elaboración del Plan de contingencia para la identificación correcta del peligro. En el caso que no se cuente con un diagnóstico de la situación problemática, la comisión deberá elaborarlo. Luego, está el análisis para identificar los factores de vulnerabilidad, así como la elaboración del mapa de vulnerabilidades.

El segundo momento comprende los pasos para la elaboración de las actividades de prevención y reducción, y en él se desarrolla también un análisis de recursos según las actividades identificadas.

El tercer momento comprende la elaboración del Plan de contingencia que incorpora las actividades para la respuesta a la emergencia y aprovecha los análisis ya realizados en el primer momento. También comprende una serie de pasos que al concluir nos permitirán tener elementos constructivos del Plan de contingencia.

## II. PRINCIPIOS DE LA PROPUESTA

Esta guía basa sus principios en la Ley del sistema nacional de gestión de riesgo de desastres (SINAGERD), y persigue la preparación y prevención de riesgos, partiendo de que un riesgo es una condición que implica posibilidades de que haya pérdidas en el futuro, entre ello se debe identificar y reducir la vulnerabilidad. Específicamente se ha tomado en cuenta los principios de protección y de acción permanente, según la ley.

**RIESGO = AMENAZAS x VULNERABILIDAD**

La existencia de riesgo y sus características particulares, se explica por la presencia de dos grandes factores: las **amenazas** y las **vulnerabilidades**. Una “amenaza” refiere a la posibilidad de la ocurrencia de un evento que puede afectar a la sociedad en un tiempo dado. Las “vulnerabilidades” refieren a una serie de variables, considerando su entorno físico - ambiental y las capacidades que difieren y que le predisponen a sufrir daños de forma diferente frente al impacto de un evento físico o antropogénico y que dificultan su posterior recuperación.



El objetivo cuando planificamos la inversión en un proyecto debe ser reducir el riesgo al mínimo para que la inversión sea más sostenible y que cumpla con su vida útil.

Para reducir el riesgo en un proyecto y adaptarlo al cambio, tomando en cuenta que la mayor parte de las amenazas escapan a nuestro control, el camino más seguro es disminuir o eliminar las vulnerabilidades del sistema en que se inserta. La elección de la mejor opción para reducir estas vulnerabilidades detectadas dependerá de las circunstancias de cada proyecto.

La guía puede utilizarse para nuevos proyectos como para proyectos ya existentes, aunque siempre se recomienda aplicarlo desde la etapa de pre inversión, en la formulación del proyecto e incorporarlo en la etapa de inversión, para que las medidas reductoras del riesgo puedan ser incluidas en su presupuesto y aplicadas en su conjunto, en el ciclo de vida de los proyectos de inversión.

Esta guía es útil para estudiar y revisar las vulnerabilidades físicas de la infraestructura vial o sitio escogido para la formulación de un proyecto, permitiendo analizar la rentabilidad del financiamiento en función de los riesgos asociados.

### **III. OBJETIVOS**

1. Proponer un procedimiento para elaborar un plan de contingencia y la reducción de vulnerabilidades presentes en la infraestructura vial.
2. Proponer acciones para Identificar y reducir el nivel de vulnerabilidad presente en la infraestructura vial.
3. Proponer acciones para valorizar el costo de las reducciones de la vulnerabilidad presente en la infraestructura vial.

### **IV. METODOLOGÍA**

#### **1. ¿Cómo gestionar la identificación y reducción de la vulnerabilidad?**

La comunidad, consciente del alto grado de vulnerabilidad de nuestro país frente a peligros naturales o inducidos por las actividades humanas, tiene el compromiso de formar personas capaces de prevenir, minimizar, y enfrentar eficiente y eficazmente las vulnerabilidades. Por ello, se propone acciones educativas para la prevención, que implican la adopción de medidas y

acciones de capacitación para evitar que se generen condiciones de riesgos; acciones de reducción que se refiere a la adopción de medidas anticipadas para reducir las condiciones del riesgo ya existentes; y acciones para la preparación y respuesta, que implican estar preparados para la eventualidad. Estas medidas deben incorporarse y desarrollarse de manera clara y precisa en los instrumentos de gestión pública.

## **2. Tomar la decisión, organizarse y dividir las tareas**

Asumiendo la función de alcalde, gerente o presidente de la comisión que le es propia e indelegable de su cargo, pone en marcha el proceso y se dispone a liderar los pasos a seguir para la elaboración del Plan de contingencia para reducir el nivel de vulnerabilidad.

El alcalde, gerente o presidente convoca a la comisión, elige un coordinador y forman el equipo de elaboración del plan. Todo el proceso recae en la Comisión de la elaboración del Plan de contingencia para reducir el nivel de vulnerabilidad.

Se sugiere que la Comisión de la elaboración del Plan de contingencia para reducir el nivel de vulnerabilidad esté integrado por representantes de todas las áreas técnicas competentes del gobierno local.

Esta etapa debe ser de motivación y promoción, y se debe dar a la comunidad la información necesaria para su involucramiento consciente y participación activa.

Formada la comisión se procede a identificar las tareas que hay que cumplir, elaborar un plan de acción y a delegar responsabilidades. Se designan equipos de trabajo (prevención, reducción y contingencia) sin olvidar que el proceso debe ser participativo, lo que demandará el involucramiento de los miembros de la comunidad.

## **3. Revisión de las principales amenazas y potenciales afectaciones, reconocer las características del territorio**

Inicialmente es necesario hacer un rápido análisis de la localización del proyecto y abordar con la comisión para identificar cuáles son o pueden ser

las más importantes fuentes de amenazas en la localidad, así como la manera en que podrían estar afectando.

Es recomendable consultar estudios e información sobre estos riesgos cuando esté disponible, para ampliar la visión de la comisión y evitar olvidar alguna amenaza relevante. Tras el análisis preliminar se recomienda realizar un análisis de los daños que han ocurrido en la zona y cuales han sido sus impactos.

Se ubicará la zona a nivel local en un mapa general con una escala adecuada. Además, en un segundo mapa haciendo uso de un programa para georeferenciar sitios o mediante un croquis se ubicarán los tramos del sistema dentro de la infraestructura vial y se reflexionará sobre su exposición a las amenazas. En los elementos más críticos del sistema se debe realizar un análisis de riesgo.

En síntesis, la comisión elaborará un diagnóstico que dará la información preliminar para desarrollar los siguientes pasos del plan.

#### **4. Reconocer los peligros**

Teniendo un diagnóstico preliminar iniciaremos un análisis para el reconocimiento y clasificación de los “peligros” a los que está expuesto el territorio donde está ubicada la infraestructura vial. Para la clasificación se considera su origen, pudiendo ser peligros generados por fenómenos de origen natural o inducidos por acción humana. En ese caso serán los inducidos por el hombre, denominando al incremento del parque automotor como peligro tecnológico.

#### **5. Identificar las vulnerabilidades**

Una vez identificado el peligro, iniciaremos un proceso de análisis colectivo para averiguar qué tan débiles o qué tan fuerte es la infraestructura vial para resistir sus efectos, en el caso de que se lleguen a presentar. Al identificar los factores que lo hacen más débiles, estaremos identificando las “vulnerabilidades”; y al identificar aquellas que nos ayudarán a resistir sus efectos, estaremos identificando los factores de “sostenibilidad” con los que contamos.

## **6. Análisis de los elementos del sistema de infraestructura vial**

Para que los integrantes de la comisión participen en el manejo de los riesgos de un proyecto, se necesita que comprendan perfectamente sus riesgos y sus puntos de vulnerabilidad.

### **Los elementos del sistema**

El personal técnico de apoyo a la comisión debe tener el conocimiento de los elementos que componen el sistema de la infraestructura vial como son: Ancho de vía, pendiente longitudinal, sistema de drenaje, señalización horizontal y vertical, sardineles, bermas entre otros.

A continuación, se realiza las medidas e inventario necesario del sistema y del valor de la inversión actual del sistema existente o el total de la inversión a realizar en un nuevo proyecto como se había previsto hasta ese momento sin incluir medidas adicionales para la reducción del riesgo y sus respectivos costos y se indican los riesgos físicos asociados.

### **La Operación y Mantenimiento del sistema o Infraestructura Construida**

Se estima quien realiza las tareas, la duración de los pasos y se indican los riesgos asociados a cada paso en los elementos del sistema ya descritos.

Éste análisis se refiere a la operación y mantenimiento del sistema de infraestructura vial y no a la secuencia de actividades previas para su construcción. Es importante considerar que algunas obras de infraestructura no siempre tienen pasos o una secuencia de operación en cuyo caso no será relevante analizar la operación y mantenimiento del sistema.

## **7. Análisis y elaboración del mapa de vulnerabilidades**

Considerando los elementos y los pasos en la operación y mantenimiento de un sistema de infraestructura vial, se realiza un análisis de riesgo tomando en cuenta las amenazas, las vulnerabilidades (debilidades) y las afectaciones haciendo referencia a los elementos expuestos. Se consulta: Se debe preguntar ¿qué amenazas podría haber o han habido? A la hora de analizar estas amenazas, además de las amenazas que han afectado a la zona en el pasado es importante considerar las amenazas generadas por las lluvias y su posible impacto.

También debemos preguntar:

¿En qué pasos del proceso constructivo y que elementos tienen mayor debilidad?,

¿Qué afectaciones pueden tener o han tenido?

En algunos casos es posible que se identifiquen elementos críticos del sistema de la infraestructura vial, con mayor complejidad en cuanto a las amenazas y vulnerabilidades que enfrentan, en los que podrá considerarse la aplicación de una herramienta de evaluación de sitios.

Una vez identificado el peligro y la situación de vulnerabilidad frente a ello, es importante identificar los riesgos en un mapa. El mapa de riesgos o vulnerabilidades es una representación gráfica de las zonas de mayor peligro donde se identifican los tipos de daño que enfrenta la infraestructura vial. Para ello, es necesario contar con un plano de la infraestructura vial de la ciudad y una base de símbolos o colores para identificar cada vulnerabilidad o daño encontrado, facilitando así su visualización. También se grafica la ubicación de los elementos dañados.

Para esta etapa se debe realizar una priorización de las vulnerabilidades e identificar cuáles son los riesgos físicos a los que está expuesta. Se sugiere utilizar una matriz para que los miembros de la comisión la confronten, validen y enriquezcan.

Al término de este proceso estarán preparados para elaborar “El Mapa de Vulnerabilidades” de la infraestructura vial y ubicar en el plano con un símbolo los lugares, elementos, daños, etc., que se presentan como vulnerabilidad. Es recomendable desarrollar esta etapa con la participación de todos los miembros de la comisión después de identificar en una plenaria los riesgos o vulnerabilidades y haber acordado los símbolos que los identificarán.

## **8. Escenario de afectaciones**

Se debe identificar que elementos de la infraestructura vial son afectados, con sus posibles impactos, los porcentajes de afectaciones y quiénes serían los más afectadas. A partir de los porcentajes estimados se calculan los costos

de los daños o pérdidas. La comisión puede tomar en cuenta los daños y pérdidas ya sufridas, e información de otros proyectos similares en la zona, entre otras fuentes para la estimación.

### **9. Actividades para reducir las vulnerabilidades y su costo**

Un siguiente paso será que la comisión defina para cada elemento dañado las actividades que necesitan llevar a cabo para que el daño se evite o se reduzca tanto para el elemento menos dañado como para el elemento con daño extremo. Se puede preguntar ¿Qué hay que hacer para reducir las afectaciones? ¿Qué costo tiene? ¿Qué efectos colaterales pueden tener las actividades en las jornadas de trabajo.

El costo de las actividades para reducir vulnerabilidades denominado: **Costo aproximado de la acción correctiva** concierne solamente a los gastos que el proyecto prevé exclusivamente para mitigar el riesgo sin incluir las acciones que antes se realizaban para reponer elementos afectados luego de un daño.

Al costo aproximado de la acción correctiva se deberá añadir los costos de las medidas previstas para reducir los efectos colaterales. Además, se hará una estimación de cuáles serán las pérdidas, luego de las medidas correctivas, tanto en el escenario con menos daño como en el escenario con daño extremo.

### **10. Diseñar acciones de prevención**

Identificadas las vulnerabilidades determinamos qué hacer para reducirlas. Esto implica una acción de Gestión Correctiva, que propone intervenir sobre los factores de riesgos; por ejemplo, los de infraestructura ya existente, para eliminarlos o mejorar su resistencia frente al peligro tecnológico.

¿Cómo reforzar las estructuras, acondicionar los elementos de las vías, etc.?  
Estas son acciones de reducción.

### **11. Determinar los recursos necesarios**

Es importante que, habiendo identificado los peligros a los que están expuestos los elementos de la infraestructura vial, y las actividades de prevención y reducción que se deben desarrollar para poder enfrentar y

minimizar sus efectos, analicemos cuáles son los recursos con los que se cuenta de lo contrario implementarlos.

Para ello podemos responder a las siguientes interrogantes:

¿Qué tenemos?

¿Qué nos falta?

¿Cómo lo conseguimos?

¿Con qué recursos contamos para responder adecuadamente ante el daño?

¿Qué tenemos y qué necesitamos para reducir los riesgos y evitar los daños?

No debemos olvidar que uno de los principales recursos con los que contamos son los humanos, quienes con una debida organización y capacitación nos permitirán cumplir con cada una de las actividades planificadas en el plan, tanto para la prevención, la reducción como para la contingencia.

## **12. Análisis del costo de reducción de daños para escenarios de menor y extremo daño.**

### **Análisis del costo de las acciones correctivas respecto al costo total de la inversión**

En este caso se compara el costo total de las acciones correctivas con el costo total del proyecto a proteger (existente o por construir). *Es importante como criterio, que estas actividades no cuesten más del 15% del valor del proyecto que se quiere proteger.* De otra manera, se considera que se eleva demasiado el costo del proyecto y arriesgamos que no lo vayan a aceptar. En estos casos, se recomienda cambiar de ubicación el proyecto o cambiar el proyecto mismo, para lograr una reducción significativa en el riesgo.

Si el presupuesto de estas actividades de manejo de riesgo es muy alto, los miembros de la comisión podrán realizar una ponderación, eligiendo las que sean más importantes para el proyecto, es decir, aquellas que lo fortalezcan o lo protejan más, y que cuesten menos. Por ejemplo se podrían tomar en cuenta las medidas que sirven fundamentalmente para el escenario de menor daño.

## **13. Programar actividades y diseñar el plan de contingencia**

En este momento, se consulta al grupo de responsables respecto al mes en que deben realizarse cada una de las actividades para determinar la

programación de actividades. La programación de actividades es muy importante, pues la falta de constancia a la hora de aplicar las acciones correctivas suele ser la causante de la mayor parte de fallas en los proyectos. Se recomienda determinar el tiempo de realización de cada actividad y definir las personas responsables de ésta.

## V. CONCEPTOS BÁSICOS

**Riesgo:** Es la probabilidad de que se presente un nivel de consecuencias económicas y sociales adversas en un sitio particular y durante un tiempo definido que exceden niveles socialmente aceptables o valores específicos, a tal grado que la sociedad o un componente de la sociedad afectada encuentre severamente interrumpido su funcionamiento rutinario y no pueda recuperarse de forma autónoma, requiriendo de ayuda y asistencia externa.

**Amenazas:** Peligro o peligros latentes que representan la probable manifestación de un fenómeno externo físico de origen natural (geológicos, hidrometeorológicos), de un fenómeno socio-natural o de autoría humana (tecnológicos/culturales), que se anticipan, con potencial de generar efectos adversos en las personas, la producción, infraestructura y los bienes y servicios.

**Adaptación:** Capacidad o habilidad de una especie y/o una comunidad de especies de ajustarse en un determinado tiempo a los cambios ambientales de su hábitat natural, con fines de supervivencia y evolución.

**Cambio Climático:** Un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad Humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables. El Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático distingue entre „cambio climático“ atribuido a actividades humanas que alteran la composición atmosférica y “variabilidad climática” atribuida a causas naturales.

**Vulnerabilidades:** La propensión de los seres humanos y grupos sociales de sufrir la muerte, la enfermedad, lesiones, daños y pérdidas en sus medios, bienes y modos de vida y encontrar dificultades en recuperarse de manera autónoma. La vulnerabilidad puede explicarse por la existencia de distintos factores o



causas de naturaleza social, económica, física, estructural, institucional, organizacional, eco-sistémico, educativa y cultural.

**Sistema:** Conjunto de elementos y pasos, ordenadamente relacionadas entre sí, que forman el sitio del proyecto.

**Análisis de la vulnerabilidad:** es el proceso mediante el cual se evalúan los factores de vulnerabilidad: exposición, fragilidad y resiliencia de la población y de sus medios de vida.

**Cultura de prevención:** es el conjunto de valores, principios, conocimientos y actitudes de una sociedad que le permiten identificar, prevenir, reducir, prepararse, reaccionar y recuperarse de las emergencias o desastres. La cultura de la prevención se fundamenta en el compromiso y la participación de todos los miembros de la sociedad.

**Desastre:** es el conjunto de daños y pérdidas en la salud, fuentes de sustento, hábitat sico, infraestructura, actividad económica y en el medio ambiente que ocurre a consecuencia del impacto de un peligro cuya intensidad genera graves alteraciones en el funcionamiento de las unidades sociales, sobrepasando la capacidad de respuesta local para atender eficazmente sus consecuencias, las cuales pueden ser de origen natural o inducidas por la acción humana.

**Desarrollo sostenible:** es el proceso de transformación natural, económico, social, cultural e institucional que tiene por objeto asegurar el mejoramiento de las condiciones de vida del ser humano y la producción de bienes y la prestación de servicios sin deteriorar el ambiente natural ni comprometer las bases de un desarrollo similar para las futuras generaciones.

**Evaluación de daños y análisis de necesidades (EDAN):** identificación y registro cualitativo y cuantitativo de la extensión, gravedad y localización de los efectos de un evento adverso.

**Elementos en riesgo o expuestos:** es el contexto social, material y ambiental presentado por las personas y por los recursos, servicios y ecosistemas que pueden ser afectados por un fenómeno físico.

**Identificación de peligros:** es el conjunto de actividades de localización, estudio y vigilancia de peligros, y su potencial de daño, que forma parte del proceso de estimación del riesgo.

**Infraestructura:** es el conjunto de estructuras de ingeniería e instalaciones, con su correspondiente vida útil de diseño, que constituye la base sobre la cual se produce la prestación de servicios necesarios para el desarrollo de fines productivos, políticos, sociales y personales.

**Medidas estructurales:** es cualquier construcción física para reducir o evitar los riesgos, o la aplicación de técnicas de ingeniería para lograr la resistencia y la resiliencia de las estructuras o de los sistemas frente a los peligros.

**Peligro:** es la probabilidad de que un fenómeno físico, potencialmente dañino, de origen natural o inducido por la acción humana, se presente en un lugar específico con una cierta intensidad y en un periodo de tiempo y frecuencia definidos.

**Plan de Contingencia:** son los procedimientos específicos preestablecidos de coordinación, alerta, movilización y respuesta ante la ocurrencia o inminencia de un evento particular para el cual se tiene escenarios definidos. Se emite a nivel nacional, regional y local.

**Primera respuesta:** es la intervención temprana de las organizaciones especializadas en la zona afectada por una emergencia o desastre con la finalidad de salvaguardar vidas y daños colaterales.

**Resiliencia:** es la capacidad de las personas, familias y comunidades, entidades públicas y privadas, las actividades económicas y las estructuras físicas para asimilar, absorber, adaptarse, cambiar, resistir y recuperarse del impacto de un peligro, así como de incrementar su capacidad de aprendizaje y recuperación de los desastres pasados para protegerse mejor en el futuro.

**Vulnerabilidad:** es la susceptibilidad de la población, la estructura física o las actividades socioeconómicas de sufrir daños por acción de un peligro.

## ANEXOS

### Anexo 1: Solicitud de Información al MTC Cajamarca

#### SOLICITUD DE INFORMACION

SEÑOR DIRECTOR DE LA DIRECCIÓN REGIONAL DE  
CIRCULACION TERRESTRE DE CAJAMARCA

*Ing. Luis Pilcón Caro*

Sergio Nicola Quispe Salazar, identificado con DNI N° 40858139, domiciliado en el Jr. Belén N° 454 de esta ciudad, Ingeniero Civil de profesión, Docente Universitario, Funcionario Público de la MPC y alumno de la Escuela de Post Grado de la UNC con Código N° 2015P00155, ante usted con el debido respeto me presento y expongo:

Que por necesidad de complementar la investigación que vengo realizando en mi tesis de maestría en Ingeniería Civil titulada "VULNERABILIDAD DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL ANTE INCREMENTO DEL PARQUE AUTOMOTOR EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA", es que solicito a usted disponga ante quien corresponda me expida información sobre:

- *Número de licencias emitidas en la provincia de Cajamarca desde el año 2005 hasta la actualidad en todas las categorías.*
- *Número de vehículos en la provincia de Cajamarca desde el año 2005 hasta la actualidad de todos los tipos.*

#### POR LO EXPUESTO:

Suplico a usted Señor Director acceder a mi solicitud ya que de esta manera ayudará a que mi investigación sea realmente el reflejo del problema que enfrenta nuestra infraestructura vial en la ciudad y ver que acciones se pueden tomar para mitigar la vulnerabilidad que con la investigación se trata de demostrar que es muy alta.

Cajamarca, 28 de Octubre del 2016

\_\_\_\_\_  
Sergio Nicola Quispe Salazar  
*Ingeniero Civil*  
CIP: 128472

**OFICIO N°001-2017-SNQS**

Cajamarca, 17 de Enero del 2017

**SEÑOR JEFE DE LOS REGISTROS PUBLICOS DE CAJAMARCA**

*Eduar Rubio Barboza*

**Asunto: SOLICITO INFORMACION**

**Sergio Nicola Quispe Salazar**, identificado con DNI N° 40658139, domiciliado en el Jr. Belén N° 454 de esta ciudad, Ingeniero Civil de profesión, Docente Universitario, Funcionario Público de la MPC y alumno de la Escuela de Post Grado de la UNC con Código N° 2015P00155, ante usted con el debido respeto me presento y expongo:

Que por necesidad de complementar la investigación que vengo realizando en mi tesis de maestría en Ingeniería Civil titulada "VULNERABILIDAD DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL ANTE INCREMENTO DEL PARQUE AUTOMOTOR EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA", es que solicito a usted disponga ante quien corresponda me expida información sobre:

- *Número de registro de vehículos en la provincia de Cajamarca desde el año 2000 hasta la actualidad de todos los tipos.*
- *Número de vehículos en la provincia de Cajamarca desde el año 2000 hasta la actualidad de todos los tipos.*

La finalidad es saber cuántos vehículos circulan en la ciudad, con aproximaciones reales.


**POR LO EXPUESTO:**

Suplico a usted Señor Jefe acceder a mi solicitud ya que de esta manera ayudará a que mi investigación sea realmente el reflejo del problema que enfrenta nuestra infraestructura vial en la ciudad y ver que acciones se pueden tomar para mitigar la vulnerabilidad que con la investigación se trata de demostrar que es muy alta.

---

Sergio Nicola Quispe Salazar  
*Ingeniero Civil*  
CIP: 128472

Anexo 3: Respuesta a Solicitud de Información a la SUNARP Cajamarca

	<b>PERÚ</b>	Ministerio de Justicia y Derechos Humanos	Superintendencia Nacional de los Registros Públicos
---	-------------	---	---

*"Año del Buen Servicio al Ciudadano"*

Cajamarca, Enero 20, 2017

OFICIO N° 138 -2017/ Z.R. N° II-SCH/DRC

Se  
Ing. Sergio N. Quispe Salazar

**CAJAMARCA.-**  
**Jr. Belén N° 454- Cajamarca.**

Asunto : Información Solicitada.  
Referencia : Oficio N° 0001-2017-SNQS.  
Caso :

De mi consideración:

Tengo a bien dirigirme a usted, con la finalidad de informarle sobre su Oficio de la Referencia, que, el Art. 165 del Texto Único Ordenado del Reglamento General de los Registros Públicos establece que **"Los derechos registrales son las tasas que se pagan por el servicio de inscripción, publicidad y otras que presta el Registro"**. Asimismo, el Art. II del Título Preliminar del Código Tributario, señala: **"... Tasa: es el tributo cuya obligación tiene como hecho generador la prestación efectiva por el estado de un servicio público individualizado en el contribuyente... y pueden ser: .. Derechos: son tasas que se pagan por la prestación de un servicio administrativo público..."**


Que, a lo solicitado mediante Oficio N° 0001-2017-SNQS., de fecha 17/01/2017, le es aplicable las normas indicadas por lo que se encuentra efecto al pago por tasa registral. Asimismo, en el documento de la referencia no se indica norma legal alguna que sustente la exoneración o inafectación al pago por tasa registral del servicio solicitado. Al respecto el Art. 74 de la Constitución Política del Perú dispone que **"... los tributos se crean, modifican... o establece una exoneración, exclusivamente por Ley o Decreto Legislativo... salvo los aranceles o tasas, los cuales se regulan mediante Decreto Supremo."**

De lo señalado se requiere **norma expresa** para la exoneración al pago de derechos registrales. Asimismo, la Gerencia Legal de la SUNARP ha manifestado, mediante Informe N° 001-2003-SUNARP/GL de fecha 07/02/2003, lo siguiente: **"... la tesis de la inmunidad fiscal entre las entidades del Estado no ha sido recogida por el ordenamiento positivo peruano..."**. Finalmente, cabe señalar que el pago de tasa registral implica un **servicio efectivamente prestado**, cuya exoneración **sin base legal** generaría un perjuicio a la Institución o a otros usuarios.


A fin de dar trámite lo solicitado por su Despacho, se deberá abonar los derechos correspondientes por concepto de Publicidad Masiva.

Aprovecho la oportunidad para expresarle mi consideración y estima personal.

Dios Guarde a Ud.

Atentamente,  
  
Luis A. Flores Mejoreza  
ASISTENTE REGISTRAL  
Z.R. N° II-SCH/DRC

**CHILOTE:** Av. José Balta N° 109 - 111 Tel.: 074-233281 - 232928  
**CAJAMARCA:** Av. Martín Urteaga N° 385 Tel.: 076-367492 - 342077  
**UNEN:** Calle Mariscal Ureta N° 817 Tel.: 076-431256  
**BASAL:** Jr. Comercio N° 212 Tel.: 041-471682  
**CHACHAS:** Jr. Grau N° 688 Tel.: 041-777867  
**CHOTA:** Av. Todos los Santos N° 1147 Tel.: 076-261573

  
**sunarp**  
Superintendencia Nacional de los Registros Públicos