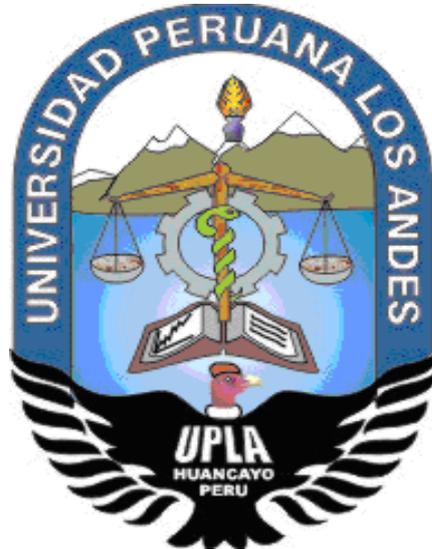


**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**SISTEMA INTELIGENTE DE TRANSPORTE EN LAS  
CONDICIONES VIALES EXISTENTES DE LA CARRETERA  
PANAMERICANA SUR**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERA CIVIL**

**Presentado por:** Bach. Yaquelin Enedina Soria Chávez

**Asesor:** Dr. Severo Simeón Calderón Samaniego

**Línea de Investigación Institucional:** Transporte y Urbanismo

**Fecha de inicio y culminación:** enero 2020 – Setiembre 2021

**HUANCAYO – PERU**

**2021**

## **CONTRATAPA**

---

**Dr. SEVERO SIMEON CALDERON SAMANIEGO**  
**ASESOR**

## **DEDICATORIA**

“El presente trabajo de investigación lo dedico principalmente a nuestro divino creador, quien me ha otorgado la vida, salud y sabiduría para el logro de mis metas trazadas en esta investigación”.

# HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS

---

**DR. RUBEN DARIO TAPIA SILGUERA**  
**PRESIDENTE**

---

**JURADO**

---

**JURADO**

---

**JURADO**

---

**MG. MIGUEL ANGEL CARLOS CANALES**  
**SECRETARIO GENERAL**

# ÍNDICE

CONTRATAPA.....	II
DEDICATORIA.....	IV
ÍNDICE.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
RESUMEN.....	XI
ABSTRACT.....	XII
INTRODUCCIÓN.....	XIII
CAPITULO I.....	15
EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	15
1.1. Planteamiento del problema.....	15
1.2. Formulación y sistematización del problema.....	16
1.2.1. Problema general.....	16
1.2.2. Problemas específicos.....	16
1.3. Justificación.....	16
1.3.1. Práctica.....	16
1.3.2. Teórica.....	16
1.3.3. Metodológica.....	17
1.4. Delimitaciones.....	17
1.4.1. Espacial.....	17
1.4.2. Temporal.....	19
1.4.3. Económica.....	19
1.5. Limitaciones.....	19
1.6. Objetivos.....	20
1.6.1. Objetivo general.....	20
1.6.2. Objetivos específicos.....	20
CAPITULO II.....	21
MARCO TEÓRICO.....	21
2.1. Antecedentes.....	21
2.1.1. Internacionales.....	21
2.1.2. Nacionales.....	47

2.2. Marco conceptual .....	62
2.2.1. Teorías de la investigación.....	62
2.2.1.1 Sistema inteligente de transporte .....	62
2.2.1.2 Funcionamiento de un sistema inteligente de transporte .....	67
2.2.1.3 Características deseables con los sistemas inteligentes de transporte .....	68
2.2.1.4 Objetivos de los sistemas inteligentes de transporte.....	68
2.2.1.5 Particularidades de los sistemas de transporte inteligente.....	69
2.2.1.6 Principales servicios del sistema inteligente de transporte.....	69
2.2.1.7 Beneficios del sistema inteligente de transporte .....	77
2.2.1.8 Funciones de los componentes del sistema inteligente de transporte .....	79
2.2.1.9 Categorías del sistema inteligente de transporte.....	81
2.2.1.10 Arquitectura del sistema inteligente de transporte .....	83
2.2.1.11 Tecnologías y conjunto del sistema inteligente de transporte.	85
2.2.1.12 Tipología del sistema inteligente de transporte .....	87
2.3. Definición de términos .....	88
2.4. Hipótesis.....	89
2.4.1. Hipótesis general.....	89
2.4.2. Hipótesis específicos.....	89
2.5. Variables.....	90
2.5.1. Definición conceptual de la variable .....	90
2.5.2. Definición operacional de la variable .....	90
2.5.3. Operacionalización de la Variable .....	91
CAPÍTULO III .....	93
METODOLOGÍA .....	93
3.1. Método de investigación .....	93
3.2. Tipo de Investigación.....	93
3.3. Nivel de investigación .....	94
3.4. Diseño de investigación.....	95
3.5. Población y muestra .....	95
3.5.1. Población.....	95
3.5.2. Muestra .....	96

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	97
3.7. Procesamiento de la información.....	99
3.8. Técnicas y análisis de datos .....	99
CAPÍTULO IV.....	100
RESULTADOS.....	100
4.1. Presentación de resultados específicos .....	100
CAPÍTULO V.....	122
DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	122
5.1. Discusión de resultados específicos.....	122
CONCLUSIONES .....	125
RECOMENDACIONES .....	126
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	127
ANEXOS .....	131

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 – Variables de investigación.....	90
Tabla 2 – Operacionalización de las variables.....	91
Tabla 3 – Registro de vehículos en la MPH . .....	101
Tabla 4 – Total de empresas de taxis. ....	102
Tabla 5 – Empresas de transporte masivo.....	103
Tabla 6 – Empresas de transporte de camioneta rural. ....	104
Tabla 7 – Empresas de transporte de auto-colectivo.....	105
Tabla 8 – Total de empresas, rutas y flota vehicular.....	106
Tabla 9 – Principales destinos de las empresas de transporte que salen de Huancayo.....	109
Tabla 10 – Empresas autorizadas por el MTC y que operan en la .....	110
Tabla 11 – Volumen del servicio de las empresas autorizadas por el MTC... ..	111
Tabla 12 – Resumen de aforo del tráfico. ....	113
Tabla 13 – Variación diaria veh/día.....	114

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Ubicación departamental de la zona de investigación. ....	17
Figura 2- Ubicación provincial de la zona de investigación.....	18
Figura 3- Ubicación distrital de la zona de investigación.....	19
Figura 4- Transporte masivo (TM).....	102
Figura 5- Camioneta rural. ....	103
Figura 6- Auto colectivo. ....	105
Figura 7- Total de rutas.....	107
Figura 8- Principales destinos zona sur. ....	108
Figura 9- Análisis de frecuencia de buses. ....	111
Figura 10- Análisis de frecuencia de autos. ....	112
Figura 11- Evolución en la Gestión del Tránsito en la Ciudad de Lima.....	116
Figura 12- Sistemas de Comunicación SOS.....	118

## RESUMEN

La investigación tuvo como problema general: ¿Cuál sería el resultado del análisis del sistema inteligente de transporte en las condiciones viales existentes de la carretera Panamericana Sur – Huancayo, en el año 2020?, el objetivo general fue: Analizar el sistema inteligente de transporte en las condiciones viales existentes de la carretera Panamericana Sur – Huancayo, en el año 2020, y la hipótesis general fue El sistema inteligente de transporte favorece significativamente en las condiciones viales existentes de la carretera Panamericana Sur – Huancayo, en el año 2020.

El método de investigación fue el científico, el tipo de investigación fue aplicado, el nivel de investigación fue explicativo y el diseño de investigación fue no experimental. La población correspondió a las carreteras de la Provincia de Huancayo, departamento de Junín, siendo la muestra la carretera Panamericana Sur, tramo Chilca al distrito de Cullhuas, de la Provincia de Huancayo, departamento de Junín.

La conclusión general fue: Estos nuevos servicios ITS aprovechan oportunidades que surgen de la situación actual de cada ciudad: a) maximizar la transferencia de pasajeros de autos y taxis a tren Urbano, b) maximizar la productividad de las vías de transporte por tipo y tamaño de vehículo, c) facilitar que el transporte público se pueda adecuar a la demanda de pasajeros de/hacia estaciones de tren urbano sin necesidad de eliminar empleos, y d) aprovechar la gran cantidad de taxistas que podrían actuar en los accesos a estaciones de tren urbano en vez de congestionar las vías en las horas punta.

**Palabras claves:** Sistema inteligente de transporte, condiciones viales.

## ABSTRACT

The research had as a general problem: What would be the result of the analysis of the intelligent transport system in the existing road conditions of the Panamericana Sur - Huancayo highway, in 2020? The general objective was: Analyze the intelligent transport system in the existing road conditions of the Panamericana Sur - Huancayo highway, in the year 2020, and the general hypothesis was The intelligent transportation system significantly favors the existing road conditions of the Panamericana Sur - Huancayo highway, in the year 2020.

The research method was scientific, the type of research was applied, the research level was explanatory, and the research design was non-experimental. The population corresponded to the highways of the Province of Huancayo, department of Junín, being the sample the Panamericana Sur highway, section of Chilca to the district of Cullhuas, of the Province of Huancayo, department of Junín.

The general conclusion was: These new ITS services take advantage of opportunities that arise from the current situation of each city: a) maximize the transfer of passengers from cars and taxis to urban trains, b) maximize the productivity of transport routes by type and size of vehicle, c) facilitate that public transport can adapt to the demand of passengers to / from urban train stations without the need to eliminate jobs, and d) take advantage of the large number of taxi drivers that could act in the accesses to urban train stations instead of congesting the roads at rush hour.

**Keywords:** Intelligent transportation system, road conditions.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo investigativo se desarrolló en plena aplicación al Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de la Universidad Peruana Los Andes; se elaboró con mucho beneplácito la investigación titulada “sistema inteligente de transporte en las condiciones viales existentes de la carretera panamericana sur”; investigación que establece como propósito fundamental: Analizar el sistema inteligente de transporte en las condiciones viales existentes de la carretera panamericana sur.

En la provincia de Huancayo existen problemas de congestionamiento e inseguridad de mayor importancia relacionados al transporte lo que permite ver un déficit en el uso de la infraestructura vial, esto se ve reflejado en una pérdida de la productividad. En general, estos problemas están relacionados con el parqueo, pasar por un peaje o detenerse a verificar el peso de un vehículo o mercancía transportada, entre otros, por tal motivo, el desarrollo en infraestructura de transporte y movilidad se ve reflejado directamente en el desarrollo de la economía y la competitividad de la esta provincia.

Los Sistemas Inteligentes de Transporte (SIT) se basan sobre la información de tráfico vehicular en tiempo-real. Los SIT mejoran la eficiencia y la productividad en el uso de la infraestructura de transporte al distribuir la demanda más equitativamente sobre la capacidad de las vías de transporte, al reducir la congestión causada por incidentes imprevistos, y al reducir el consumo de combustible al distribuir el tráfico a vías menos congestionadas. Los beneficios de los SIT pueden incrementarse considerablemente si se dirigieran a transferir la demanda de transporte de menor productividad (autos y taxis) hacia el modo de transporte de mayor productividad (Tren Urbano).

Esta investigación de tipología aplicada, considera el nivel explicativo; como diseño de investigación no experimental, y como técnicas de recopilación de data a las fuentes documentales, registros teniendo como instrumentos a las fichas técnicas. Como técnica para el análisis de datos se aplicó la estadística descriptiva el cual nos permitió conocer los resultados .

Para el entendimiento del tema investigado, la tesis se encuentra dividido mediante capítulos, explicándose cada capítulo de una manera directa y concreta en relación al tema investigado .

En el capítulo I, se describe el planteamiento del problema, formulación y sistematización del problema, la justificación, las delimitaciones, limitaciones y los objetivos de la investigación .

En el capítulo II, se describe la zona del proyecto, se redacta los antecedentes (internacionales y nacionales), el marco conceptual, la definición de términos, el planteamiento de las hipótesis y la identificación de variables de la investigación .

En el capítulo III, se redacta la metodología aplicada, describiéndose el método, tipo, nivel, diseño, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos, procesamiento de la información y técnicas de análisis de datos de la investigación .

En el capítulo IV, se plasma los resultados obtenidos sobre los sistemas de transporte inteligente.

En el capítulo V, se da la discusión de los resultados obtenidos sobre los sistemas de transporte inteligente, y poder formular las respectivas conclusiones y recomendaciones a la investigación desarrollada, y finalmente redactar las referencias bibliográficas utilizadas en el desarrollo de la investigación.

En la parte final de la investigación, se anexan la documentación que sustenta el desarrollo de la investigación.

# CAPITULO I

## EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.1. Planteamiento del problema

En la provincia de Huancayo existen problemas de congestión e inseguridad de mayor importancia relacionados al transporte lo que permite ver un déficit en el uso de la infraestructura vial, esto se ve reflejado en una pérdida de la productividad. En general, estos problemas están relacionados con el parqueo, pasar por un peaje o detenerse a verificar el peso de un vehículo o mercancía transportada, entre otros, por tal motivo, el desarrollo en infraestructura de transporte y movilidad se ve reflejado directamente en el desarrollo de la economía y la competitividad de la esta provincia.

Hoy en día el continuo desarrollo en nuestro país debido al crecimiento y desarrollo económico, está sujeto a mayores necesidades en temas de movilidad de los usuarios, así como de mercancías generando de esta manera un incremento en el volumen de transporte por carretera. Y si tenemos una mala gestión del tráfico actualmente, esto conlleva a una de las principales causas de la creciente congestión vehicular y del mismo modo en el aumento de las demoras, las colas y el consumo de energía, fundamentalmente, por ende, el continuo crecimiento de la demanda de infraestructura vial genera en una fuente de problemas económicos, sociales y hasta medioambientales.

Dentro de Latinoamérica los países que destacan dentro de los que son emergentes, según opinión de diferentes organismos internacionales, son México, Brasil, Colombia, Chile y Perú, sin embargo, a nivel global el tema de congestión vehicular ha empeorado en los últimos años principalmente por el masivo aumento poblacional y la actividad económica en las grandes ciudades.

## **1.2. Formulación y sistematización del problema**

Ante esta disposición se plantea la siguiente interrogante como problema general:

### **1.2.1. Problema general**

¿Cuál es el resultado del análisis de la implementación de un sistema inteligente de transporte en las condiciones viales existentes de la carretera Panamericana Sur – Huancayo, en el año 2020?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- a) ¿Cuál es el nivel de servicio de transporte en la carretera Panamericana Sur – Huancayo, en el año 2020?
- b) ¿Cuál es el comportamiento del tránsito vehicular que presenta la carretera Panamericana Sur – Huancayo, en el año 2020?
- c) ¿Cuáles serían los beneficios con la implementación del sistema inteligente de transporte en la situación vial de la carretera Panamericana Sur – Huancayo, en el año 2020?

## **1.3. Justificación**

### **1.3.1. Práctica**

Esta investigación se realizó porque existe la necesidad de conseguir sistemas que puedan mejorar el flujo de transitabilidad del transporte de vehículos en las Panamericana Sur de la Provincia de Huancayo y centralizar toda la información de la vía en un sistema inteligente.

### **1.3.2. Teórica**

Esta investigación se realizó con el propósito de aportar al conocimiento existente, del uso de metodologías y filosofías como es el del sistema inteligente de transporte cuyo acrónimo es el SIT

o ITS y las condiciones viales existentes teniendo en cuenta nuestras normativas nacionales y reglamentos.

### 1.3.3. Metodológica

La elaboración y aplicación de los instrumentos de recolección de datos para el uso del sistema inteligente de transporte, serán útiles para cualquier otro investigador que indague mediante métodos científicos, situaciones que pueden ser investigadas por la ciencia, una vez que sean demostrados su validez y confiabilidad podrán ser utilizados en otros trabajos de investigación.

## 1.4. Delimitaciones

### 1.4.1. Espacial

La presente investigación se desarrollará en la carretera Panamericana Sur de la provincia Huancayo, departamento de Junín.

Figura 1- Ubicación departamental de la zona de investigación.



Fuente: <https://www.deperu.com/calendario>

Figura 2- Ubicación provincial de la zona de investigación.



Fuente: <https://www.deperu.com/calendario>

**Figura 3- Ubicación distrital de la zona de investigación.**



Fuente: <https://www.deperu.com/calendario>

#### **1.4.2. Temporal**

La investigación se realizó entre los meses de enero a mayo del 2020.

#### **1.4.3. Económica**

Los gastos financieros incurridos en la elaboración del presente trabajo de investigación, no fue inconveniente económico alguno. El gasto mencionado fue asumido en su totalidad por el investigador de la presente tesis.

#### **1.5. Limitaciones**

La realización de la propuesta busca establecer la importancia que tiene un sistema de transporte que en esta ocasión es un sistema inteligente: denominados también SIT o IST según el término inglés inteligente transport systems y cómo podrían darse en el análisis en las condiciones

viales existentes de una carretera; estos temas serán los abordados en esta investigación.

## **1.6. Objetivos**

### **1.6.1. Objetivo general**

Determinar los resultados del análisis de la implementación de un sistema inteligente de transporte en las condiciones viales existentes de la carretera Panamericana Sur – Huancayo, en el año 2020.

### **1.6.2. Objetivos específicos**

- a) Determinar el nivel de servicio de transporte en la carretera Panamericana Sur – Huancayo, en el año 2020.
- b) Determinar el comportamiento del tránsito vehicular de la carretera Panamericana Sur – Huancayo, en el año 2020
- c) Establecer los beneficios con la implementación del sistema inteligente de transporte en la situación vial de la carretera Panamericana Sur – Huancayo, en el año 2020.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes

##### 2.1.1. Internacionales

**Hernández, (2014)** en su tesis denominada: “Sistemas inteligentes de Transporte, mediante, sustentada en la Universidad Nacional Autónoma de México; México D.F., México, llegó a las siguientes principales conclusiones”:

1. “Los ITS ofrecen un panorama muy amplio de beneficios para los sistemas de transporte en cualquier parte del mundo, México por ejemplo es uno de los países que se ha beneficiado de estos sistemas y en donde es claramente factible su introducción.”

2. “Aunque es cierto que la implementación de ITS dentro de cualquier país es benéfica, no significa que simplemente con hacer una introducción en los sistemas de transporte, éstos vayan a mejorar por sí solos, es necesaria la cooperación de los gobiernos y privados, pero sobre todo de la población a la que van dirigidas los sistemas.”

3. “México es un país con una amplia diversidad cultural, ambiental y social. Existen extremos dentro de la misma población, tanto en clima, economía, educación, tecnología, etc. México no tienen ninguna limitante tecnológica, sus instituciones educativas y población tienen la capacidad para generar y aplicar conocimientos tecnológicos a los problemas del transporte, pero es cierto que actualmente existen muchas barreras y sobre todo negación en la población hacia los cambios en la cultura, especialmente en la cultura vial, que impiden que los ITS trabajen de forma exitosa en nuestro país, a continuación se mencionan algunas sugerencias de cambios que la población Mexicana deberá hacer para poder

asegurar una buena operación en los sistemas de transporte con la introducción de ITS.”

**Hernández, (2013)** en su tesis denominada: “Sistemas Inteligentes de Transporte (SIT): Principios de evaluación de proyectos para sistemas integrados de transporte urbano con autobuses de rápido tránsito (SITUART) y de valuación de sus empresas concesionarias, sustentada en la Universidad Nacional Autónoma De México; Distrito Federal, México, llegó a las siguientes principales conclusiones”:

1. “De acuerdo con los resultados obtenidos, el proyecto HermoVía tiene rentabilidad financiera. La estrategia general es construir, primeramente, en el año inicial, las líneas troncales “A” y “B”, seguidamente, la línea troncal “C” en el año 1 y, finalmente, la línea troncal “D” en el año 2 de evaluación.”

2. “Como sistema inteligente de transporte Hermovia contribuye a consolidar un sistema integrado de transporte urbano de autobuses de rápido tránsito para la ciudad de Hermosillo, ayudando a ordenar las líneas integradas del sistema actual y a configurarlo como un sistema alimentador del troncal Hermovia.”

3. “La empresa concesionaria debe conjugar experiencia en la construcción de infraestructura y equipamiento urbanos por una parte y, por la otra, experiencia en la operación y mantenimiento de vehículos automotores para el autotransporte de pasajeros, recomendando la creación de un consorcio constituido por una empresa constructora y otra de autotransporte.”

4. “La inversión en infraestructura y equipamiento causará incremento en los valores de tierra de los predios ubicados en las inmediaciones de las rutas troncales del Sistema Hermovía, lo cual aumentará la base gravable del impuesto predial para captar más recursos monetarios con los que se podrá devolver paulatinamente

las aportaciones de capital a cargo de los particulares concesionarios.”

5. “Con la finalidad de presupuestar adecuadamente la inversión en infraestructura, de mejorar la rentabilidad y reducir el riesgo, es necesario que el proyecto ejecutivo defina los sitios precisos donde puede operarse el carril de circulación de los autobuses sobre el pavimento flexible de concreto asfáltico ya existente y dónde debe construirse un pavimento rígido con concreto hidráulico.”

**Gómez, (2018)** en su tesis denominada: “Revisión sistemática de Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) a través de internet de las cosas (IOT) para problemas de transporte terrestre de pasajeros, sustentada en la Universidad Católica De Colombia; Bogotá, Colombia, llegó a las siguientes principales conclusiones:”

1. “Los documentos que se estudiaron en esta revisión sistemática revelan que no hay muchas investigaciones publicadas con respecto a Colombia, enfocadas en ITS basados en IoT para el transporte masivo de pasajeros o que procesos se están utilizando actualmente en el país, no obstante se valida el sistema de información del ministerio de transporte (MinTransporte, 2017) está enfocado a las licitaciones que se ejecutan en todo el país pero no hay información de relevancia en cuanto a resultados se refiere de los procesos ejecutados, el cual se realizó el proceso de solicitud de información al ministerio de transporte y no brindaron respuesta alguna.”

2. “La revisión sistemática utilizada en este trabajo de grado permite seguir un proceso metodológico, con la finalidad de ir ordenando la información de estudios a analizar y así poder de justificar cada uno de los parámetros del protocolo de Kitchenham, además de obtener información relevante y dar solución a la tesis planteada.”

3. “En el análisis de los artículos seleccionados se identificaron grandes procesos para ayudar a la problemática del transporte masivo de pasajeros, donde se evidencia que se trabaja constantemente en la evolución de los principales enfoques y resultados de métodos, algoritmos, desarrollos de software, de aplicaciones móviles, captura de información y minería de datos, con la finalidad de poder predecir posibles soluciones al transporte con sistemas inteligentes de transporte (ITS), enfocado a internet de las cosas (IoT).”

4. “Los ITS soportados en IoT están en crecimiento y es un área interesante para abordar en el país como lo son los proyectos de Big Data y Data Analytics para sistemas de información multi nodo para brindar información en tiempo real debido a que ayuda a los analistas (creadores de rutas) para tomar decisiones oportunas y beneficie al sistema de transporte con la satisfacción de los usuarios finales.”

**Ochoa, (2015)** en su tesis denominada: “Arquitectura de un Sistema Inteligente de Transportación (ITS) que permita mejorar la operación y seguridad del transporte terrestre de Ecuador, sustentada en la Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador, llegó a las siguientes principales conclusiones:”

1. “Los servicios identificados en esta investigación, para el usuario en Ecuador, son el resultado de una investigación, encuestas y entrevistas a las distintas entidades de tránsito se han identificado las necesidades, por medio de una estimación cualitativa de unos criterios de elección, aquellos que consiguieran ofrecer para el caso de Ecuador.”

2. “Los servicios a usuario para un país confiesan a las insuficiencias que tienen los usuarios de dicho país, por lo que es inevitable reconocer las falencias e insuficiencias.”

3. “La elaboración de una Arquitectura ITS es un proceso dinámico y perenne, no un producto único y paralizado.”

**Peláez, (2016)** en su tesis denominada: “Modelo de cuantificación económica para implementación de Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) en Medellín, sustentada en la Universidad Nacional de Colombia; Medellín, Colombia, llegó a las siguientes principales conclusiones:”

1. “En este trabajo se identificó que, pese a que el análisis de costo beneficio (CBA) sigue siendo el método más utilizado para la valoración de los proyectos ITS, este tiene un largo camino por recorrer, específicamente en la identificación y medición de los beneficios de las ITS. El método CBA ha sido probado ampliamente. Algunas de las aplicaciones realizadas son para congestión y accidentalidad. Sin embargo, dada la limitación del método, resulta útil el planteamiento del modelo de valoración de impactos ex post de las tecnologías ITS planteadas en este trabajo bajo el concepto de riesgo operativo.”

2. “Se planteó un análisis de riesgos operativos de la red vial de la ciudad mediante la elaboración de una matriz de riesgos bajo la metodología ISO 31000, identificando riesgos asociados a externalidades del transporte como: accidentalidad, congestión, contaminación por ruido, polución, contaminación al agua, infraestructura, y otros. De acuerdo con la valoración realizada en términos de relación con el PIB de la ciudad, los riesgos prioritarios que son inaceptables y requieren la continuidad e incluso más medidas de administración para reducir su impacto son accidentalidad, contaminación del aire y congestión; representando el 4.60%, 3.28% y 1.21% del PIB de Medellín, respectivamente.”

3. “En promedio, en la ciudad son atendidos 299 accidentes de tránsito en el día en el Centro de Control de Tránsito, de los cuales

130 son en promedio solo daños, 109 son accidentes con lesionados, 1 accidente es con muerte y 59 son servicios.”

4. “Se cuantificaron dos riesgos: congestión y accidentalidad. Desde el punto de vista metodológico la relación (6) es válida para factores de riesgo que pueden ser modelados mediante la frecuencia y la severidad, para modelos que requieran más de una distribución de probabilidad se construye el modelo multidimensional como el elaborado en este trabajo. Por lo tanto, se planteó un modelo multidimensional para cuantificar la distribución de pérdidas por accidentalidad y congestión vial no recurrente, las cuales incorporan dos y tres distribuciones de probabilidad en un proceso de simulación Montecarlo, respectivamente.”

5. “Se encontró que el costo por concepto de accidentes de tránsito en Medellín es en promedio \$6.227 millones COP/día, de los cuales 1.103 millones COP/día son en promedio por sólo daños, 3.539 millones COP/día son lesiones, 1.589 millones COP/día son muertes en accidentes de tránsito, y 15.5 millones COP/día son servicios de tránsito. El VaRop o máxima pérdida probable al 95% de confianza para los accidentes de tránsito asciende a \$9.800 millones COP/día.”

6. “En cuanto a congestión no recurrente, el VaRop o máxima pérdida probable al 95% de confianza es aproximadamente \$2.302 millones COP/día. El valor promedio es 1.734 millones COP/día. Estas cifras indican que tanto los accidentes de tránsito como la congestión imponen a la sociedad una carga muy alta, y por lo tanto es importante seguir encaminando los esfuerzos para mitigar sus impactos.”

7. “La Gestión de Incidentes de Tráfico es una herramienta importante para disminuir el impacto de la congestión no recurrente, este es un proceso planificado y coordinado para

detectar, responder y eliminar incidentes de tráfico y restablecer la capacidad de tráfico lo más seguro y rápidamente posible. Este proceso coordinado requiere el trabajo conjunto entre entidades participantes de la gestión y la implementación de tecnologías ITS.”

8. “La mitigación del impacto para la ciudad en congestión no recurrente por implementación de la gestión de incidentes de tránsito a través del uso de ITS y otros recursos, se estima en aproximadamente 344.000 millones COP desde el 2013 hasta el 2015, ya que el tiempo de respuesta antes de la implementación de la gestión de incidentes usando tecnologías ITS era 30 minutos aproximadamente y en la actualidad según el análisis de la base de datos de incidentes es en promedio de 17 minutos. Dado que el tiempo de respuesta equivale a una reducción del 40% del tiempo de solución de un incidente y su impacto es grande en la congestión no recurrente, es necesario seguir enfocando los esfuerzos mediante la asignación de recursos para disminuir el impacto en la congestión no recurrente.”

9. “Mediante la revisión bibliográfica se identificaron los beneficios de las Intelligent Speed Adaptation (ISA), estas superan los costos de implementación y operación en 15 veces. Además, se asocian con la disminución de los accidentes no fatales y fatales en 25% y 30%, respectivamente. Este tipo de tecnología es comparable con una de las tecnologías con las que cuenta la ciudad para el control de los límites de velocidad permitidos en la normativa: cámaras de fotodetección, sin embargo, este aspecto específico requiere otra investigación que no está dentro del alcance de la realizada aquí.”

10. “Teniendo en cuenta la información disponible desde el 2011 de las variables de las tecnologías ITS (específicamente incidentes y tasas de llegadas) implementadas en la ciudad, podría construirse la Distribución de Probabilidad Agregada de

accidentalidad y congestión no recurrente año por año para identificar su evolución *ex post* y servir de base para la toma de decisiones de nuevas inversiones en este tipo de tecnologías. Igualmente, a partir de los resultados de la evolución de las distribuciones de probabilidad agregadas es posible construir indicadores de costo beneficio *ex post* para las tecnologías ITS de la ciudad.”

11. “En este modelo se valoró la demora en congestión no recurrente con base en salario mínimo, como se identificó en la revisión de la literatura que lo valoran en otros países para determinar costo de improductividad; sin embargo, podría realizarse la valoración con base en costo subjetivo del tiempo o costo de oportunidad para precisar mejor el tipo de pérdida.”

12. “Dado que el costo de accidentes solo daños se basa en metodologías que estiman pérdidas económicas por daños a los vehículos y costos administrativos sin considerar daños a la infraestructura (por la dificultad de la obtención de la información), podría proponerse una mejora a las bases de datos del Centro de Control de Tránsito para obtener información precisa de este tipo de daño y poder llegar a estimar más precisamente este tipo de pérdida.”

13. “Dado que el costo de accidentes solo daños se basa en metodologías que estiman pérdidas económicas por daños a los vehículos y costos administrativos sin considerar daños a la infraestructura (por la dificultad de la obtención de la información), podría proponerse una mejora a las bases de datos del Centro de Control de Tránsito para obtener información precisa de este tipo de daño y poder llegar a estimar más precisamente este tipo de pérdida.”

14. “Para este modelo no se obtuvo información de equipos y mano de obra indirecta o de otras entidades para calcular el costo

de atención, a futuro podría ajustarse esta información para obtener una aproximación más cercana del costo de la atención de incidentes en la ciudad.”

**Aguirre, (2018)** en su tesis denominada: “Diagnóstico del aporte de nuevos Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) en georreferenciación dinámica para la planificación del tránsito y transporte para la ciudad de Bogotá D.C., sustentada en la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito; Bogotá, Colombia, llegó a las siguientes principales conclusiones:”

1. “Tras la lectura de este documento, se puede llegar a la conclusión de que el manejo de información en tiempo real aplicada a la ingeniería del transporte, especialmente a la obtención de datos mediante procesos de recolección de información con recursos ITS de manera dinámica, se encuentra en una época de alto potencial y está acompañada de un importante número de investigaciones tecnológicas.”
2. “Actualmente, en la ciudad de Bogotá no se observan grandes desarrollos en el área de servicios ITS, relacionado con los procesos de georreferenciación dinámica en tiempo real para la planificación del transporte, sólo se cuenta con un grupo reducido de iniciativas, ideas y proyectos puntuales desarrollados por la SDM y el Sistema Integrado de Transporte Publico, los cuales carecen de una coordinación que aporte sinergias y beneficios al mismo sistema.”
3. “Este trabajo es el punto de partida para análisis e implementación de iniciativas con recursos y servicios ITS, considerando que, de acuerdo a la identificación de los casos de éxito y lecciones aprendidas a nivel mundial, el documento brinda un instrumento que le permite medir el nivel de eficiencia de los sistemas de recolección de información en tiempo real para la planificación del tránsito y transporte, contribuyendo con la

identificación de fortalezas y debilidades para una adecuada gestión de los recursos técnicos y económicos en la ciudad de Bogotá.”

4. “En relación al detalle y la guía de recursos ITS resultado de la exhaustiva revisión bibliográfica, se evidenció la necesidad de generar un listado de iniciativas relacionadas con la implementación de recursos tecnológicos para la toma de información en tiempo real, como referente para futuras implementaciones en la ciudad de Bogotá e investigaciones futuras por parte de la Universidad.”

5. “Debiéndose este interés a varios factores, el crecimiento del parque automotor, el interés de gestores de infraestructura (público y privados), la entrada de nuevas tecnologías y afianzamiento de diversas clases de sensores para la toma de datos en tiempo real, facilitando con ello obtener beneficios técnicos y económicos, disponiendo de datos más fiables y precisos.”

6. “La creación de la matriz de información detallada que disponen los concesionarios del SITP, se presenta como una herramienta imprescindible para la planificación del transporte, considerando que este listado de información de detalle, genera grandes aplicaciones y beneficios para el análisis de transporte público en la ciudad, ya sea para conocer su distribución actual en los periodos de mayor congestión a largo de todo el día, o bien para pronosticar su variación en situaciones hipotéticas, como pueden ser simulación de externalidades asociadas al transporte.”

7. “En referencia a la implementación de proyectos ITS asociados a los procesos de toma de información en tiempo real, sin duda generan beneficios notables para la ciudad, desde la parte técnica y lo económico, reduciendo los costos de una toma de información tradicional en un 40% y 70% aproximadamente, de acuerdo al sistema tecnológico utilizado.”

8. “Utilizar tecnologías ITS, generan según estudios realizados un incremento hasta del 60% en la rapidez en la obtención de datos de tráfico, adicionalmente se obtiene un grado mínimo de error de un 3% considerando los casos de éxito, comparado con el porcentaje de error de un aforo tradicional. No obstante, aun cuando la inversión inicial para cualquiera de los escenarios de análisis presentados es alta, sus costos varían según el tamaño del sistema y las funciones proporcionadas.”

9. “La aplicación de procesos dinámicos de recolección de datos a un caso real demuestra, además, que al recuperar la inversión inicial en términos de ahorro por la incorporación de recursos ITS para tomas de información en tiempo real y obtener un punto de equilibrio, considerando el total de aforos desarrollados e inversión realizada, se puede concluir que al final del primer año, los beneficios podrían alcanzar hasta un 80% en ahorros.”

10. “La aplicación de la encuesta de percepción demostró que, alrededor del 96% de las personas encuestadas afirman utilizar este tipo de aplicaciones, de los cuales el 30% lo hace de manera constante, el 51% de manera frecuente y el 15% rara vez la utilizan.”

11. “Estos indicadores representan un valor agregado importante, del cual se concluye que el fenómeno que se está presentando con la evolución e incorporación de nuevos recursos tecnológicos para planificar los viajes, generan beneficios notables y a futuro con una tendencia mayor, ya que la asignación de viajes y el cómo moverse en la ciudad tenderá a depender de los algoritmos de programación de estas aplicaciones.”

12. “La percepción general sobre utilización de estas plataformas es positiva, ya que sin duda para la mayoría de los usuarios algo más del 80% estas generan beneficios notables, sin importar la aplicación o con cual estén más o menos familiarizados,

ya que atienden de manera eficiente las necesidades que requieren en términos de velocidad, tiempo y espacio.”

13. “La percepción de los encuestados demostró que en términos de funcionalidad las aplicaciones son eficientes, ya que alrededor del 65% de las personas están de acuerdo y ven un beneficio notable dado los tiempos calculados y ofrecidos por estas aplicaciones, los cuales se acomodan de manera eficiente a los cambios dinámicos del tránsito, dada la amplia variedad de funciones útiles que presentan.”

14. “En la medida que se desarrollen técnicas más avanzadas de análisis de datos y se mejore la eficiencia de los sistemas de recolección de datos en la ciudad de Bogotá, dados los cambios del comportamiento habitual del tránsito, se dispondrá de estrategias que garanticen altos beneficios en costos a nivel de ahorro. Para ello, las iniciativas propuestas en el documento generan un cambio de paradigma y su aplicación permite obtener diversos indicadores de eficiencia del sistema de transporte.”

15. “Los planteamientos e iniciativas ITS mencionados en el documento, pretenden dar soluciones a los sistemas de gestión del transporte desde el punto de vista tecnológico, el uso y aplicación de estas propuestas tanto en las siguientes fases del SIT como en otros proyectos, generando sinergias importantes entre las partes interesadas del sector transporte, a fin de garantizar la operación de la gestión de tráfico y transporte de manera centralizada y eficiente.”

16. “Una vez analizado el contexto general, si se dirige la atención al territorio nacional se puede afirmar que este documento es uno de los primeros relacionados con los sistemas de georreferenciación en tiempo real, ya que, a pesar de una ardua búsqueda de bibliografía nacional, no se ha encontrado ningún documento relativo al tema aquí tratado, siendo es el punto de

partida para trabajos futuros entre la Universidad y la empresa privada.”

**Landau, (2008)** en su tesis denominada: “Sistemas inteligentes de transporte: conteo e identificación de pasajeros mediante identificación por radiofrecuencia, sustentada en la Pontificia Universidad Católica De Chile; Santiago, Chile, llegó a las siguientes principales conclusiones:”

1. “El rendimiento de las tarjetas duales es inferior al de las tarjetas simples. Esto sugiere que los tags ISO 14443 interfieren con los tags EPC Gen2 y que embeber ambos en una misma tarjeta requiere de un diseño cuidadoso.”

2. “A pesar de lo anterior, la configuración de antenas de mejor rendimiento es siempre la misma para tarjetas simples y duales. La configuración óptima para dos antenas se obtiene al colocar una a cada lado del portal, a 78 cm del piso, y el porcentaje de detección promedio resulta ser 91% para tarjetas simples y 82% para duales.”

3. “El uso de más de dos antenas no mejora el rendimiento de tarjetas simples o duales llevadas en la mano o en el bolsillo ya sea sueltas o en la billetera. Al pasar de una fila a dos filas, las tarjetas simples sufren un deterioro del orden de 10% en el porcentaje de detección al tener la tarjeta en el bolsillo. Por el contrario, las tarjetas duales no presentan cambios significativos.”

4. “La posición de la antena lectora respecto de la ubicación del tag, y su patrón de radiación son aspectos críticos. El uso de antenas con patrón de radiación adecuado, así como buenas estadísticas sobre el lugar donde la gente lleva sus tarjetas son elementos clave para lograr un rendimiento aceptable.”

**Cuenca, (2014)** en su tesis denominada: “Análisis de la capacidad y nivel de servicio aplicando metodología de HCM en la vía Loja-Zamora, sustentada en la Universidad Técnica Particular De Loja; Loja, Ecuador, llegó a las siguientes principales conclusiones:”

1. “El estudio de la capacidad y del nivel de servicio de una vía, forma una de las partes muy importantes para el diseño y planeación de posibles mejoramientos de la vía.”

2. “Los vehículos que circulan por la vía Loja-Zamora corresponden según el esquema de clasificación ARX como Clase 2 (SV) con un 81,52%, en segundo lugar, están los vehículos de Clase 4 (TB2) con 15,32%, el porcentaje de motocicletas es 0,58% que pertenecen a la Clase 1 (MC), como vehículos recreativos se tiene 0,13% y los camiones pesados representan el 2,45%.”

3. “El porcentaje de distribución del tráfico que se obtuvo es de 53,59% para el carril derecho y el 46,41% para el carril izquierdo, con lo cual para cálculos del proyecto se adoptó el 50/50% de distribución para cada carril. El volumen horario máximo de vehículos se produce de 17H00 a 18H00, con 159 vehículos, y los volúmenes mínimos de vehículos se dan entre la 01H00 a 04H00 con 26 vehículos.”

4. “El día viernes se tiene el mayor flujo vehicular, alcanzando un total de 223 vehículos entre las 17H00 a 18H00. El factor de hora pico más alto se produce de 07H00-08H00 y es de 0,88 y el mínimo de 03H00-04H00, que es de 0,69 por lo que las condiciones operativas de la carretera variarán sustancialmente.”

5. “Existe una relación directamente proporcional entre la cantidad de vehículos y el flujo vehicular, esto quiere decir que si existe mayor número de vehículos mayor será el congestionamiento vehicular, y sucede lo contrario si hay menor cantidad de vehículos.”

6. “Luego de aplicar la metodología HCM 2000 para la evaluación de capacidad y nivel de servicio de la vía Loja-Zamora se obtuvo como resultado que la vía se halla en un nivel de servicio B, por lo cual se tiene un flujo estable, no se forman colas, los vehículos circulan a velocidades más rápidas que se ven influenciando por otros vehículos; y las condiciones de circulación son estables.”

**Narváez, (2012)** en su tesis denominada “Impacto del mejoramiento de la vía el Rosal - Simón Bolívar en la calidad de vida de los habitantes del sector el Rosal, provincia de Pastaza., sustentada en la Universidad Técnica de Ambato; Ambato, Ecuador, llegó a las siguientes principales conclusiones:”

1. “Concluimos que el mejoramiento de la vía cambiará notablemente la calidad y el estilo de vida de los pobladores del sector El Rosal. Las encuestas realizadas nos indican que existe gran desarrollo en la producción agrícola como: caña de azúcar, papa china, naranjilla, limones, papayas y sembríos propios de la zona.”

2. “Además, se realiza la comercialización mínima de varios productos entre ellos miel, panela, caña de azúcar, leche y naranjilla. De acuerdo a las encuestas es bajo el porcentaje de productos que se comercializan, debido principalmente a la falta de una vía en buenas condiciones.”

3. “De los resultados obtenidos del tráfico actual concluimos que la mayor demanda de vehículos es de livianos, poca es la cantidad de buses y vehículos pesados que circulan, esto debido a las malas condiciones actuales de la vía. Se concluyó que no ingresan vehículos pesados, por las condiciones actuales de la vía, imposibilitando el intercambio comercial que se pueda realizar.”

**Rodríguez, (2011)** en su tesis denominada “Modelo de Gestión de Conservación Vial para reducir los costos de Mantenimiento Vial y Operación Vehicular en los Caminos Rurales de las Poblaciones de Riobamba, San Luis, Punín, Flores, Cebadas de la Provincia de Chimborazo, sustentada en la Universidad Técnica de Ambato; Ambato, Ecuador, llegó a las siguientes principales conclusiones.”

1. “La propuesta de un modelo de gestión de conservación vial, en el cual se administre de manera que las redes viales ofrezcan niveles de servicio óptimo, con rapidez, seguridad y comodidad, permitirá que los costos de operación vehicular disminuyan en relación a los costos que se generen, al transitar en una red vial sin mantenimiento y en pésimas condiciones, lo cual es beneficiosos para los usuarios viales.”

2. “El conservar una vía, en condiciones óptimas, mediante intervenciones con acciones de mantenimiento rutinario y periódico representa para las Instituciones Administradoras de redes viales, un ahorro significativo, comparando con vías, a las cuales no se las ha mantenido y las han abandonado hasta el punto de deterioros severos, los cuales sólo se pueden corregir con la reconstrucción o rehabilitación integral de la vía. La relación de acuerdo al estudio es de 3 a 1, es decir se gastaría tres veces más si se llega al punto de deterioro severo, en relación a mantener las vías en condiciones de operación óptima.”

3. “Entre los varios modelos de conservación, se propone el modelo de mantenimiento integral, pues se ajusta a los requerimientos de nuestra vía, obteniendo grandes ventajas, entre ellas, la liberación al estado de la carga laboral, rápidas respuestas para atender a los problemas presentados, se mantiene la transitividad y seguridad vial.”

4. “Se determinó, que el interés de muchas Instituciones Públicas, frente a la Gestión Vial, es netamente político y de captación de votos, pues a muchos políticos, les interesa más la construcción de una obra, en relación a mantener una red vial. Sin considerar el daño social y económico que representa, es por ello, que se debe asesorar con criterios técnicos de conservación y rehabilitación, para orientar de mejor manera a las autoridades en la inversión de los recursos públicos.”

5. “Una vía, tendrá un buen funcionamiento durante el periodo de diseño, si y solo si, los factores como son los estudios y diseños definitivos y a su vez la construcción, fue realizada correctamente, para lo cual se debe concientizar al personal técnico, para que se desarrollen los proyectos con los más altos grados de confiabilidad. A su vez se complementa con un programa de conservación, el cual deberá necesariamente aplicarse en el momento justo y con las acciones necesarias, el desfase de esta situación, provocará, realizar actuaciones inferiores a las requeridas y por lo tanto a la destrucción de la vía, o por otra parte se puede realizar acciones prematuras, provocando inversiones innecesarias.”

6. “Uno de los factores que determinará el éxito de la intervención de conservación, es el inventario vial, pues nos permitirá conocer exactamente las condiciones actuales, sus principales problemas, la manera de enfrentarlos, lo cual nos permite programar actuaciones y presentar presupuestos para lograr mantener nuestras vías.”

7. “El tráfico es un factor determinante, pues si está mal concebido, se puede dar el caso de que la vía se exponga a una mayor repetición de cargas de tráfico, provocando que la estructura se deteriore, por lo que se debe evaluar continuamente el tráfico presente en la vía y sobre todo sus cargas admisibles.”

**Gallo y Castillo, (2018)** en su tesis denominada “Análisis de las condiciones de seguridad vial ligadas a temas de infraestructura en las vías rápidas de Bogotá, sustentada en Universidad Católica de Colombia; Bogotá, Colombia, llegaron a las siguientes principales conclusiones.”

1. “A principio se puede pensar que la reducción de la velocidad máxima en las zonas urbanas de Bogotá causaría más inconvenientes que beneficios a la infraestructura, debido a que esta disminución aumentaría los tiempos de desplazamiento, los cuales como se ha podido ver en este trabajo son una problemática para los conductores y pasajeros. Pero en realidad, este aumento de tiempo de desplazamiento no significaría gran cosa, si se compara con todos los beneficios que se tendrían, con esta reducción de la velocidad máxima.”

2. “Uno de estos beneficios es que los conductores tendrán un incremento del tiempo de acción y reacción, esto debido a que, al reducir la velocidad, aumenta el grado de visibilidad del conductor, permitiéndole tener mejores reflejos en el momento que se deba frenar para evitar una colisión con un peatón u otro conductor, también se comprime el lapso de frenado brusco del vehículo en el caso que se presente una futura choque, debido a que el derrapé al frenar, no sería mayor de 15 metros a esta velocidad. Otra gran ventaja es que mitigaría el gasto de combustible en los tiempos de viaje y a su vez disminuiría la contaminación del dióxido de carbono proveniente de los vehículos.”

3. “Hay que mencionar con detalle que la problemática del aumento del tiempo de desplazamiento puede no generar un impacto muy grande en la infraestructura, esto lo demostró Francia con su estudio de reducción de velocidad que se pudo apreciar en el capítulo 12, en el cual queda confirmado que pasar del 60 al 50 km/h, equivale a una reducción del 16,67% de la velocidad máxima,

pero el incremento en los tiempos de desplazamiento no sería mayor que el 8,4%, está comprobado que a mayor velocidad, menor es la afectación en las capas de la estructura del pavimento.”

4. “Se pudo apreciar en la figura 31 que un poco más del 40% de toda la malla vial de Bogotá está en buenas condiciones, el resto está en condiciones regulares, malas o no se tiene información al respecto. Evidencia aparte de esta se puede encontrar en el capítulo 11, donde la AV de las Américas con Boyacá (el sitio de mayor accidentabilidad de la ciudad), tiene en malas condiciones la capa de rodadura, la cual es la causante de múltiples accidentes y congestiónamiento en este tramo de carretera.”

5. “Como lo menciona el paquete de salve vidas de la OMS, si se mejora la malla vial de la ciudad, causaría una disminución del tiempo de viaje de la persona, lo cual es importante debido a que los datos obtenidos por el informe de calidad de vida de Bogotá, comunica que el tiempo de desplazamiento ha ido en aumento en los últimos años.”

6. “Con base en lo anterior, se puede ver que si se plantea esta iniciativa, al mismo tiempo se puede implementar el plan de disminución de la velocidad máxima de Bogotá, esto debido a que al tener unas carreteras en mejor estado, puede darse el hecho de que aumente la cantidad de vehículos privados; para asegurar una mejor seguridad debido a esta posible consecuencia, disminuir la velocidad no solo causaría una disminución de la mortandad vial de la capital, sino un descenso en la obtención de vehículos privados, haciendo a su vez que los volúmenes y el tiempo de estacionamiento en las carreteras se mitiguen, lo que evitaría un exceso de desgaste del tiempo de vida de las vías.”

7. “Como se pudo apreciar en el transcurso de este documento, los motociclistas, en la ciudad de Bogotá van en aumento y son los más afectados por esta situación, ya que las maniobras que deben de realizar para evitar los huecos de las carreteras, pueden causar choques fatales, además que la mayoría de estos conductores son de estratos 1, 2 y 3, lo que los ubica en los lugares donde la malla vial está en muy malas condiciones o no posee carretera pavimentada. Es por tal razón que, si se quiere mitigar el nivel de mortalidad de la capital, es necesario reparar y construir el 60% faltante de toda la malla vial de la ciudad.”

8. “Una de las iniciativas para el mejoramiento de la movilidad en la ciudad, puede ser la instalación de proyectos como los de COLORVIAL (tema tratado en el punto 7.7 del documento) para las carreteras de Bogotá. Esto conllevaría al establecimiento de nuevas señales viales horizontales que permitan comunicar al conductor de algún vehículo motorizado, que la vía que está a punto de utilizar, tiene zonas exclusivas de prohibido parquear, propensa a deslizamientos y cruces peatonales. Aunque ya existen señales horizontales que permiten comunicar estos mensajes, el objetivo de COLORVIAL es diseñar carreteras en donde los colores sean más resistentes a los ataques de desgaste dados por los factores ambientales como vehiculares.”

9. “Si se toma como ejemplo los tramos estudiado de la Avenida de las Américas # 72-2 y Avenida Boyacá cl 12-02 del capítulo 12 de este documento, pintar las zonas donde está prohibido estacionarse para recoger pasajeros, ayudaría de gran manera a la movilidad de las calles, además que la instalación de estas pinturas tendría un gran ahorro económico, ya que son fáciles de instalar y su duración es mucho más larga que las utilizadas actualmente para pintar el pavimento.”

10. “Debido a que las señales verticales tienen la desventaja que pueden ser alteradas, dañadas o robadas, la instalación de señales horizontales es una mejor opción, ya que los perjuicios que posee son más de malgaste de la imagen. Debido a que uso de los objetivos de COLORVIAL, es la resistencia a los ataques externo, se puede utilizar como una gran herramienta que permita hacer señalizaciones más eficaces y de mejor ubicación visual para el conductor.”

**Leiva, (2003)** en su tesis denominada “Análisis de accidentes viales aplicando la ingeniería de tránsito, sustentada en Universidad San Carlos De Guatemala; Guatemala, Guatemala, llegó a las siguientes principales conclusiones:”

1. “Para lograr mejores resultados en la determinación de las causas reales que pudieron provocar un accidente de tránsito, es necesario que sean especialistas en Accidentología Vial, los encargados de dirigir la investigación, ya que son estos los que cuentan con los conocimientos específicos para el estudio de la cadena de sucesos que influyen en un hecho vial.”

2. “Actualmente en Guatemala, no existe una institución en la cual se instruya a expertos en Accidentología Vial, por lo que los especialistas en Ingeniería de Tránsito, son los que cuentan con los conocimientos que se requieren para la realización de una investigación de este tipo.”

3. “La recopilación de información verídica, es indispensable para mejorar la calidad en los reportes de Accidentes de Tránsito, ya que los agentes de la Policía Nacional no cuentan con la capacitación adecuada para realizarlos, y es de estos reportes en los que se basa el Instituto Nacional de Estadística para realizar los informes anuales en este tema.”

4. “El criterio a seguir en la obtención de resultados estadísticos de accidentes de tránsito tiene que ampliarse, pues no son suficientes los que se obtienen en la actualidad, ni se consiguen con ellos suficientes datos que sirvan para favorecer la seguridad vial. Es indispensable un análisis de todos los casos en las intersecciones y tramos carreteros donde se presenten un gran número de percances, para conocer las verdaderas razones por las que esos puntos son más peligrosos que otros.”

5. “Según los datos estadísticos obtenidos, las principales causas de los accidentes viales, tanto en áreas urbanas como rurales, son: el exceso de velocidad, conductor en condiciones de ebriedad y la imprudencia del peatón. Por lo anteriormente mencionado se puede observar que es la imprudencia la causa de la mayor cantidad de accidentes.”

6. “En el Capítulo 1, del presente trabajo, se presenta la incidencia de los accidentes provocados por la falta de mantenimiento en las vías entre los años de 1994 a 1998, siendo más de cuatrocientos los lesionados por esta causa y más de cien las personas fallecidas, ilustrando de esta forma la evidente importancia de este tipo de obras de mantenimiento para conservar las condiciones de seguridad del sistema vial. “

7. “Para reducir el número de accidentes de tránsito, es insuficiente un buen diseño geométrico de una vía, sino que también es necesaria una adecuada señalización, con el objeto de mantener informados a los usuarios, tanto de los lugares de destino como de las condiciones en las que se encuentren las calles y carreteras.”

8. “En horas de la noche y en condiciones de poca visibilidad, como las que provoca la lluvia y la niebla, se hace indispensable para aumentar la sensación de seguridad de conductor, el uso de marcas viales a nivel del pavimento, utilizando materiales

reflectores de luz, las cuales, sumadas a la señalización vertical, darán la información necesaria para que el conductor transite de la forma más segura bajo estas condiciones.”

9. “Las condiciones de humedad de una vía, puede ser un factor que incida en la ocurrencia de accidentes viales, no obstante, los datos estadísticos indican que más del ochenta por ciento de los hechos viales, ocurrieron sobre pavimentos en estado seco. Los que indica que es el error humano el mayor causante de estos lamentables hechos.”

10. “Un buen diseño geométrico, una buena iluminación y la adecuada señalización de las calles y carreteras, son parte fundamental para ofrecer una eficiente seguridad vial. Lamentablemente la solución al problema de los accidentes de tránsito no es tan simple. En todo tipo de desarrollo está íntimamente ligada la cultura que se logra con la educación de una población, pues bien, para lograr una eficiente reducción de este tipo de hechos, es necesario un proyecto que encuadre a la Educación Vial, como la principal arma para combatir este mal, iniciando esta educación en la edad preescolar, y continuando como parte del programa de estudio, para que el alumno conozca desde temprana edad las normas que rigen el sistema vial.”

**Beltrán, (2013)** en su tesis denominada “Las condiciones de las vías centrales de la parroquia el Rosario, Cantón Pelileo, provincia de Tungurahua y su incidencia en la calidad de vida de sus moradores, sustentada en Universidad Técnica de Ambato; Ambato, Ecuador, llegó a las siguientes principales conclusiones:”

1. “Las vías centrales de la parroquia El Rosario se encuentran en un estado regular a malo, el diseño de nuevas vías mejorará la comercialización de productos cultivados en el sector, siempre y cuando exista un estudio vial de calidad.”

2. “La intensidad de lluvias es moderada, la parroquia posee un suelo muy estable, poco húmedo y arenoso. La falta de servicios básicos en la parroquia ocasiona enfermedades muy agudas en las personas, problema que se puede solucionar con la inclusión de vías de comunicación terrestre.”
3. “La demanda de productos agrícolas es alta, como son los tubérculos y tomate de árbol, de existir un adecuado transporte vial podrán ser aprovechados de mejor manera para su comercialización.”
4. “El tráfico promedio diario anual, en veinte años será el doble del tráfico actual, por lo mismo se deberá tener opciones para desviarlos por diferentes vías de acceso. El TPDA está dentro del rango de 100 a 300 vehículos, entonces según las normas del M.T.O.P. son vías Clase IV.”
5. “La velocidad de diseño según las normativas en kilómetros por hora será recomendable de 50, y la absoluta de 25. El radio mínimo para curvas horizontales en el tipo de terreno ondulado para el tramo 1 (0+000 a 0+650 y 0+750 a 1+082) es 110m y el radio absoluto es de 30m de acuerdo a las recomendaciones del M.T.O.P.”
6. “El radio mínimo para curvas horizontales en el tipo de terreno montañoso para el tramo 1 (0+650 a 0+750), tramo 2 - 3 en su totalidad (0+000 a 0+220 y 0+000 a 0+100), es 75m y el radio absoluto es de 20m de acuerdo a las recomendaciones del M.T.O.P. En el tramo 4 no se hizo un diseño geométrico puesto que tiene una pendiente longitudinal mayor al 16% al ser demasiado empinado se optó por realizar una escalinata.”

7. “Las secciones típicas de diseño por ser vías Clase IV, tienen un ancho de calzada de 6 metros, espaldones de 0.60 metros a cada lado y aceras de 1.2 metros para la circulación peatonal. El ensayo de suelos resultó no plástico, quiere decir que se puede diseñar una capa de estructura de pavimento en un terreno que posee buenas condiciones, ya que es de tipo friccionante y no necesita un mejoramiento previo de la subrasante.”

8. “El CBR puntual obtenido en cada una de las abscisas de muestreo, es relativamente alto y proporcionan una buena estabilidad del suelo llegando a un CBR de diseño de 21%, es una subrasante muy buena que no necesita previo mejoramiento.”

**Silva, (2014)** en su tesis denominada “Estudio de las condiciones viales del barrio ciudadela del chofer III etapa del cantón Pastaza, provincia de Pastaza y su incidencia en la calidad de vida de sus habitantes, sustentada en Universidad Técnica de Ambato; Ambato, Ecuador, llegó a las siguientes principales conclusiones:”

1. “Los habitantes beneficiarios muestran interés en la realización del proyecto debido a todo esto conlleva al bienestar, mejorando así su calidad de vida. Se determinó que el bienestar de los habitantes es realizar un estudio adecuado de las vías de acceso al sector.”

2. “La ejecución del proyecto fomentará el buen vivir y el nivel socio económico se incrementará en los habitantes beneficiarios del proyecto. La población muestra mucho interés para la realización del proyecto. Para la realización del proyecto se debe tener en cuenta los aspectos sociales, económicos y geográficos del sector.”

**Panesso, (2012)** en su tesis denominada “Caracterización de la dinámica longitudinal de un vehículo para diferentes condiciones

viales colombianas, sustentada en Universidad de los Andes; Bogotá, Colombia, llegó a las siguientes principales conclusiones:”

1. “Se comprueba que las condiciones de baja velocidad representan sensibilidades altas del coeficiente de rodadura, ya que esta componente es la que mayor predominancia tiene sobre las fuerzas de resistencia totales. Por el contrario, la condición descrita representa una baja sensibilidad del coeficiente de arrastre aerodinámico, parámetro que varía significativamente entre pruebas.”

2. “Por lo tanto, los cambios en el valor del coeficiente de arrastre no producen cambios significativos en el resultado del coeficiente de rodadura bajo las pruebas expuestas. Transitar sobre terrenos no convencionales como pasto, puede aumentar en un 300% el consumo producido por la fuerza de resistencia a la rodadura respecto a transitar por un terreno con asfalto en buen estado, ya que aumenta la potencia necesaria para poder superar dicha resistencia.”

3. “No obstante, no transitar por un terreno en buenas condiciones puede producir, en el mejor de los casos, un aumento de consumo de alrededor de 12% y, en el peor de los casos, del 80% representados por la fuerza de rodadura, teniendo en cuenta que el primer caso es una condición en la cual la carpeta de rodadura presenta fallas, mientras que la segunda es aquella en la cual no se presenta dicha capa, sino que el contacto se produce directamente sobre las capas de base granular del pavimento.”

4. “Los resultados mostrados solo se corresponden con las especificaciones mostradas a lo largo del documento, siendo estas el vehículo y las vías mencionadas. Sin embargo, la metodología para la determinación de las fuerzas de resistencia es aplicable a cualquier condición para la cual se deseen conocer, siempre y cuando se establezcan y se sigan las condiciones establecidas.

Aun así, el hecho de que exista una norma que regule las pruebas de determinación de fuerzas viales sobre vehículos, busca estandarizar y tratar de hallar resultados comparables según el tipo de vehículo para cada uno de los terrenos.”

5. “Sí se desea obtener la fuerza de resistencia aerodinámica con el fin de realizar un análisis completo de la dinámica longitudinal, se recomienda usar la condición de prueba en la cual se tiene una velocidad alta, ya que bajo esta condición el factor predominante es el coeficiente de arrastre aerodinámico. Por otro lado, sí lo que se desea es estimar de la mejor manera los dos parámetros (Coeficiente de rodadura y coeficiente de arrastre), se debe cubrir todo el rango de velocidades.”

### **2.1.2. Nacionales**

**Del Águila, (2017)** en su tesis denominada: “Propuesta de implementación de un Sistema Inteligente de Transporte para la mejora de las condiciones viales en el tramo de la Panamericana Norte entre av. Los Alisos y av. Abancay, sustentada en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas; Lima, Perú, llegó a las siguientes principales conclusiones:”

1. “Como se sabe, la Panamericana Norte es una arteria principal en cuanto a transporte de pasajeros y de carga que cruza a lo largo de la ciudad de Lima, por lo que implica que ésta se saturé en diversos momentos del día. A lo largo de la tesis se ha podido cuantificar la problemática presente en la vía, que va desde formación de largas colas de vehículos hasta accidentes de tránsito en diversos puntos de la zona en estudio.”

2. “Durante el estudio de tráfico se identifica que el Volumen de Máxima Demanda es 5029 veh/hora y la hora en la que se produce este comportamiento es 7:00 am. Al realizar un análisis de congestión se determinó que estas durante entre 1.36 Horas y 2.10 horas.”

3. “Con lo anteriormente mencionado se identifica que los principales problemas de las condiciones viales del tramo en estudio sean un incremento porcentual de 5.06% del parque automotor, ocasionando que el nivel de servicio de la vía sea un nivel de servicio F, lo cual ocasiona que el tiempo de viaje supere las 1.30 horas, elevando el tiempo de formación de colas y la disolución de las mismas.”

4. “En vista de la problemática, se ve necesario la implementación de medidas correctivas innovadoras como son los ITS, que aportan una mejoría en la gestión del tráfico. El comportamiento de los conductores mejora si se implementa medidas tecnológicas como son los ITS para mejorar las condiciones viales de la zona en estudio y en un futuro aplicarlo a una zona más amplia.”

5. “Los ITS que se emplean en el estudio de la presente tesis son: Cámaras de CCTV, espiras electromagnéticas, paneles de mensaje variable, postes SOS, un centro de control, todo esto comunicado por medio físico con protocolos TCP/IP.”

6. “El costo de la implementación de la propuesta de un sistema inteligente de transporte de acuerdo a las características y necesidades de la vía en estudio es de S/. 10,207,564.18. Los beneficios, en materia económica, que ofrece la implementación del Sistema Inteligente de Transporte se traducen en S/. 40,486,470.09”

7. “El análisis costo-beneficio en una proyección a 10 años, se obtiene un factor de 1.84 lo que nos indica que acabo de 10 años se recupera la inversión con un costo de mantenimiento mínimo.”

**Huaytani, Monti y Bartra, (2015)** en su tesis denominada: “Propuesta de implementación de inteligencia de negocios del modelo ITS (Sistema Inteligente de Transporte) para empresa de transporte de carga, sustentada en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas; Lima, Perú, llegaron a las siguientes principales conclusiones:”

1. “La presente propuesta trata un punto álgido para el negocio, el cual es el tiempo de toma de decisión para envío de camiones frente a los servicios no programados requeridos por los clientes, y deja abierta la posibilidad de tener nuevos KPIs (indicadores claves de desempeño) principales de otros aspectos que el negocio considere necesarios o prioritarios.”

2. “Al tener la base de datos de las rutas de los camiones se puede tener una información histórica de los recorridos de los camiones, que en su mayoría tienen un comportamiento de acuerdo al criterio de cada conductor, esto se podrá tener con la información histórica de los recorridos, esto a su vez producirá un análisis más fino para determinar los mejores recorridos, tomando los destinos, las horas de salidas, el tipo de tráfico que se tiene en diferentes horas, etc. Inclusive de acuerdo a los registros de incidentes se podrá tener una mejor visión del tipo de contingencias que se deben manejar en las diferentes rutas.”

3. “Definición de necesidad de rotación de camiones y remolques, debido a que la información cargada contendrá la antigüedad de los equipos, tanto camiones como remolques, esta información podrá darle al negocio una idea más clara de cómo tendrá que afrontar la obsolescencia de estos equipos, llevando un mejor control de los sistemas bancarios (leasings, créditos vehiculares, etc.) con los cuales se han adquirido dichos equipos, y utilizar esta información para la decisión de renovación de los mismos.”

4. “Al poder contar con la información histórica de los mantenimientos realizados a los equipos – tanto camiones como remolques - se podrá realizar un plan anual de mantenimiento, con la finalidad de optimizar las adquisiciones de repuestos e insumos para dichos trabajos, generando un mejor trabajo del área de cadena de abastecimiento.”

5. “Al contar con la información de los turnos y jornadas que tienen los conductores se podrá tener las verdaderas cargas de trabajo por conductor, y si esta de manera balanceada, esto podrá servir de insumo al área de recursos humanos, quienes podrán trabajar un programa de descansos y vacaciones con los diferentes conductores, el cual deberá contar con la aprobación de la alta gerencia.”

6. “Si se cuenta la información de conductores y sus turnos, se podrá hacer un mejor planeamiento de los servicios asignados, evitando enviar a las rutas a choferes con poco tiempo de descanso, logrando la reducción o mitigación de los accidentes de tránsito, los cuales son precisamente las causas frecuentes de la pérdida de vidas en las carreteras.”

7. “Para las siguientes implementaciones de inteligencia de negocios, en las cuales se establezcan nuevas métricas y ratios que necesite el negocio, se deberá tener en cuenta el hardware y componentes de infraestructura tecnológica, como lo son las comunicaciones entre sedes, servidores de datos, unidades de almacenamiento, servicios de mantenimiento y soporte, equipamiento para los colaboradores, etc., se analizarán en el momento de la elaboración de los términos de referencia para la adquisición de los mismos, esta propuesta de solución no detallará los componentes por tratarse de una propuesta de solución de inteligencia de negocios, sin contemplar a profundidad las

estandarizaciones con las que cuente cada empresa de transporte.”

8. “Una vez que se implemente la herramienta de inteligencia de negocios de esta propuesta, se debe realizar un plan de crecimiento y mantenimiento a los componentes de infraestructura, tanto hardware del centro de datos (data center), como de los componentes de software (sistemas operativos, software antivirus y de seguridad, software de respaldo de información, etc.), el cual contemple el crecimiento de la información que se cargue en el tiempo, cabe resaltar que debido a que la información tendrá una periodicidad horaria, esta podría necesitar mayores capacidades en un corto tiempo, a menos que sea dimensionada de manera oportuna.”

9. “Así también como un valor agregado a los procedimientos normativos, se sugiere la implementación de un modelo con estándares internacionales para el manejo del tránsito de los vehículos de transporte de carga. Esto estará acompañado de elementos de tecnología que coadyuvarán a la correcta gestión por parte de las autoridades en los menesteres de esta actividad económica.”

10. “En el Perú y en el mundo la demanda de transporte de carga está en aumento, y en ese sentido debemos considerar que el desarrollo tecnológico brinda cada vez más beneficios para las crecientes demandas y necesidades, es por ello que también lo puede hacer para esta actividad económica en enorme crecimiento.”

11. “Una de las necesidades principales e importantes de toda empresa, sobre todo en su proceso de gestión de cadena de abastecimiento, es la de reducir los costos logísticos e incrementar la seguridad de la carga, la cual requiere de controles más precisos de los tiempos de viaje, definir trayectorias más cortas y seguras,

reducir los tiempos por procesos administrativos de seguridad y control, evitando paradas innecesarias, mal funcionamiento de las unidades de carga, todos estos elementos que requieren del uso de tecnología y particularmente de sistemas de inteligencia de negocios apoyados en la modelo ITS para poder generar beneficio a las empresas tomando decisiones con información confiable y oportuna.”

12. “La empresa mencionada en el estudio realizado, las necesidades actuales y la competencia actual hacen que sea objeto del desarrollo de la presente tesis, con la cual se brindará una propuesta de inteligencia de negocios bajo el modelo ITS que ayude a brindar información de calidad y oportuna que genere una ventaja competitiva. Esta tecnología hará sinergia entre las empresas de transporte de carga y el Estado en un mediano plazo cuando el Gobierno culmine la implementación de los sistemas ITS en toda la red vial del Perú, la cual está en progreso, y a cargo del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.”

13. “La coordinación de las distintas iniciativas públicas y privadas, tanto a nivel nacional como en las regiones, son fundamentales para el desarrollo ordenado de estos sistemas de transporte. Sólo así se podrá contar con información estandarizada, actualizada y compartida en tiempo real entre el sector público y privado del País.”

**Flores, (2018)** en su tesis denominada: “Impacto de los Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) en la gestión de empresas de transporte urbano en la ciudad de Puno, sustentada en la Universidad Nacional del Altiplano; Puno, Perú, llegó a las siguientes principales conclusiones:”

1. “El impacto de la aplicación de los ITS en la gestión de las empresas de transporte urbano es positivo, debido a que inicialmente la percepción por parte de los gerentes fue regular de

la gestión empresarial representando un 59% y cuando se propuso la implementación de los ITS la percepción sobre la gestión empresarial cambio a una escala eficiente representando el 73%, es decir existe la aceptación del personal de poder implementar estos sistemas en un 68% reflejándose en las unidades vehiculares que por estimación de la aceptación se calcula que 773 vehículos utilizarían estos ITS representando a un 80% a comparación de las 115 unidades vehiculares que inicialmente hacían uso de al menos uno de los sistemas inteligentes.”

2. “El efecto de los ITS en la gestión operativa es positivo, debido a la introducción de innovaciones tecnológicas insertadas en las unidades vehiculares y en todo el proceso, generando el compañerismo entre trabajadores y socios de empresa creando una transformación de cultura y clima empresarial, teniendo un mayor control del personal y las unidades vehiculares.”

3. “Los beneficios, en la rentabilidad económica, que ofrece la implementación del Sistema Inteligente de Transporte se traducen en S/. 946,166.87 esto debido a la propuesta de mejorar la organización de la empresa siguiendo un control y monitoreo de su flota aplicando un software integral en cada empresa, la cual comparada con el actual sistema de monitoreo y recaudación no se llega a la rentabilidad obtenida con los ITS.”

4. “El costo de la implementación de la propuesta de un sistema inteligente de transporte de acuerdo con las características y necesidades de la vía en estudio es de S/. 1,034,650 (incluido el costo de adquisición de vehículos nuevos); costo que será recuperado en un periodo de 3 años y tendrá una ganancia considerable debido a que el TIR es de 75% lo cual nos indica que el sector de transporte es muy rentable.”

5. “La simulación del ITS permite tener datos reales de la situación futura con la implementación de los ITS en las empresas

de transporte, que hace uso de un modelo de distribución de Poisson que nos permite inferir la realización de ciertos hechos en un periodo de tiempo determinado.”

**Escobedo y Estela, (2019)** en su tesis denominada: “Propuesta de mejoramiento de los niveles de servicio en la intersección de las avenidas primavera y Velasco Astete mediante la aplicación de tecnologías basadas en el uso de Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS), sustentada en la Universidad Peruana De Ciencias Aplicadas; Lima, Perú, llegaron a las siguientes principales conclusiones:”

1. “Con la introducción de los ITS semáforo actuado y detector, como herramientas tecnológicas de gestión del tráfico, se pudo observar luego de las distintas simulaciones de tráfico que, los niveles de servicio en la intersección principal en estudio, es decir, el cruce de la avenida Primavera con la avenida Velasco Astete, presentaron una significativa mejora en los accesos OESTE y NORTE, y una mejora moderada y leve en los accesos SUR y ESTE respectivamente. Con una reducción de hasta 300 segundos en el tiempo de demora, el acceso OESTE pasó de una clasificación F a una C y D en los periodos analizados, el acceso NORTE, con una reducción de hasta 94 segundos en el mismo factor, pasó de una clasificación F a una D. El acceso SUR pasó de una clasificación E a una D con una reducción promedio de 25 segundos en la demora y el acceso ESTE se mantuvo con una clasificación C, pero con una leve reducción en la demora de hasta 10 segundos.”

2. “El nivel de servicio calculado en la intersección principal pasó de un nivel permanente F en la simulación del escenario real a uno D en la hora punta y a uno C en las horas valle de la simulación del escenario implementado con los ITS, con una reducción promedio aproximada de 150 segundos en la demora.”

3. “Se pudo observar un tiempo de demora en promedio de 75.64 s/km en toda la red simulada (av. Primavera desde av. Del Pinar hasta av. Buena Vista). Al asociar este valor con los valores establecidos por el manual HCM 2010 se pudo concluir que el nivel de servicio estimado en la red pasó de ser de un nivel de servicio F a un nivel de servicio E con la introducción del ITS semáforo actuado en el modelo.”

4. “Mediante la utilización de los Sistemas Inteligentes de Transporte ITS se pudo probar que los parámetros en estudio (cola media, densidad y tiempo de demora) en las vías principales en estudio en toda la red simulada, es decir, las de mayor demanda, mejoran significativamente. El parámetro cola media pasó de ser de 276.55 veh. a 95.17 veh. en la simulación dinámica y a 43.42 en la simulación actuada, el factor de densidad fue de 26.8, 12.72 y 11.49 veh/km respectivamente, y, por último, el factor de tiempo de demora fue de 266.68, 128.82 y 75.64 seg/km respectivamente, una reducción del 70% aproximadamente en el tiempo de demora. Esto, gracias a la implementación de las tecnologías ITS semáforo actuado, detectores y adicionalmente las cámaras CCTV y los paneles de señalización variable, con el fin de crear una eficiente gestión del tráfico.”

5. “Al analizar el factor demora media en acceso, en la intersección principal (Av. Primavera con Av. Velasco Astete) evaluada para las distintas simulaciones real, dinámica y actuada, se obtuvieron los valores 59.23, 51.58 y 31.93 segundos respectivamente, esto implica que la implementación del semáforo dinámico presentaría una mejora del 13% de la situación real y la implementación del semáforo actuado presentaría una mejora del 46% con respecto a la situación real respecto a este factor.”

6. “La inversión proyectada para llevar a cabo dicha implementación de ITS en la vía en estudio tiene un monto

aproximado de S/. 2, 006,093.00, el cual incluye el mantenimiento que año tras año se debe realizar. Tomando en cuenta el tiempo de viaje (parámetro base para el análisis de costo), el valor social del tiempo y el volumen horario de máxima demanda VHMD, se puede comprobar que se podría ahorrar un aproximado de S/. 1,227.77 / km. hora pasajeros promedio.”

**Lapa, (2017)** en su tesis denominada “Análisis vial en intersecciones a desnivel con micro simulación y Sistema Inteligente de Transporte, aplicado a la intersección av. ejército con Av. Ramón Castilla, sustentada en Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga; Ayacucho, Perú, llegó a las siguientes principales conclusiones:”

1. “Se justifica detalladamente los resultados del aforo realizado en cada día, en cada horario, en cada vía, en cada sentido y para cada vehículo.”
2. “Los resultados obtenidos son congruentes con lo señalado en la hipótesis, ya que se tiene un problema de tráfico desordenado y poca sistematización para el mejor control del mismo.”
3. “En cada proceso de la obtención los resultados se detalló el procedimiento para generar confianza de resultados y así realizar un mejor trabajo con el promedio del flujo a utilizar en la micro simulación.”
4. “El modelo de seguimiento vehicular de Wiedemann 74 permite representar el tránsito de vehículos en la intersección de las avenidas Ramón Castilla, José Carlos Mariátegui y Ejército de la ciudad de Ayacucho.”
5. “Si bien se comprobó que los datos recolectados en campo cumplían una distribución normal y permitían realizar evaluaciones paramétricas, se decidió utilizar pruebas no paramétricas como el

randomization test por diferencia de medias y utilizando 10 000 permutaciones.”

**Alejos y Cáceres, (2016)** en su tesis denominada “Alternativas para la transitabilidad al anexo Huacacorral del distrito de Guadalupito – Virú – la libertad., sustentada en la Universidad Nacional del Santa; Chimbote, Perú, llegaron a las siguientes principales conclusiones:”

1. “En el presente estudio se determinó que la Ruta: Huacacorral-Panamericana Norte-Santa-Chimbote, es la más apropiada, más corta y de menor costo, correspondiendo al gobierno local y central implementar políticas sectoriales para el asfaltado de la vía Huacacorral-Panamericana. Este tipo de estudios son importantes incluir en políticas públicas en términos de planificación para por ejemplo determinar prioridades para reubicar centros de salud, acceso a zonas de turismo comunitario, rutas de evacuación ante un evento natural o antrópico.”

2. “En el país como en otros países los centros de salud están centralizados en la capital de provincia o capitales de distritos, por lo que es necesario conocer el patrón espacial en el territorio de los centros poblados de zonas rurales a los servicios o infraestructuras, para alcanzar la equidad al acceso como parte del plan de Buen Vivir.”

3. “Metodologías como la planteada por medio de sistema de información geográfica puede contribuir a la toma de decisiones de los Gobiernos locales, Provinciales y regionales, de forma más equitativa.”

**Hidalgo, (2006)** en su tesis denominada “Evaluación del sistema de gestión de pavimentos flexibles en el Perú, sustentada en la Universidad Peruana De Ciencias Aplicadas; Lima Perú, llegó a las siguientes principales conclusiones”:

1. “El desarrollo del deterioro depende no solamente de los factores climáticos y de las cargas de tránsito sino también de la calidad o performance que presente el pavimento al inicio, esto a su vez está relacionado al buen diseño del pavimento y su buena construcción para lo que se requiere de una mayor inversión inicial, pero que convendrá a largo plazo al invertir menos en el mantenimiento o rehabilitación. Esto se corrobora al comparar los costos obtenidos de los pavimentos peruano y estadounidense para las diferentes estrategias de mantenimiento.”

2. “Es decir, a largo plazo conviene tener un pavimento con una mejor performance inicial y además una estrategia de mantenimiento adecuada a nuestra realidad. En este caso la estrategia idónea sería el número dos, en donde no se estaría dejando deteriorar a niveles extremos el pavimento, pero a un costo más alto del que podría ser, si el pavimento fuera puesto en servicio con un nivel más alto de calidad.”

3. “Si bien es cierto, el manejo de todos los índices de deterioro es importante, ya que estos conforman las políticas y son los rasgos principales de la gestión del mantenimiento, pero hay que poner especial atención al desarrollo del IRI, es éste el que está directamente relacionado al buen ó mal servicio del pavimento, además, define la aplicación de actividades de mantenimiento severas y por lo tanto de mayor costo. Entonces, se debe poner en servicio las vías con un valor de IRI bajo, con estos valores se logra que la performance del pavimento se mantenga, ya que mientras más alto es el IRI inicial mayor es la pendiente de su progresión.”

4. “Luego, hay que observar con cuidado la progresión de grietas, como se ha visto ésta es exponencial. El control del avance del deterioro es importante porque se ha visto que, a mayor progresión de estos índices, más fuerte se torna y en el tiempo la aceleración con que progresa es mayor. Recordar que el objetivo

de la gestión, es mantener en buenas condiciones los pavimentos de tal manera que estos lleguen a brindar el servicio para el que fueron diseñados.”

5. “Esta situación no debería quedarse sólo en la teoría, a través del manejo de los índices de deterioro como se ha visto, es posible que se cumpla este objetivo. Cabe destacar que conocer la condición de deterioro del pavimento, es decir la severidad y cantidad de éste, permite aplicar políticas eficientes a lo largo de la vida de servicio del pavimento.”

6. “Al realizarse las corridas en el programa HDM-4, se detectó un punto de quiebre correspondiente al porcentaje de grietas. Las actividades de mantenimiento se tornan mayores al limitarse el porcentaje de grietas permisible al 20% en la Estrategia II, y este panorama cambia radicalmente al limitarse este indicador al 30%, es decir el quiebre está entre esos dos valores para el pavimento peruano.”

7. “Esta deducción tendría que confirmarse en el campo o con la observación de la data histórica ya que podría marcarse un punto de quiebre en el deterioro real de nuestras vías. En el país existe una preocupación por mejorar en el ámbito de la gestión de pavimentos, el primer paso ya se ha dado, con constancia, perseverancia y disciplina, es decir, debemos empezar a considerar las bondades del largo plazo, de la buena planificación y la constancia, así no sólo las entidades, sino que todos podrán lograr desarrollar sus potencialidades.”

8. “Con el desarrollo de esta tesis se puede afirmar que el SGP del Perú se encuentra planteado entre las estrategias I y II, es decir no hay un abandono total de los pavimentos, pero tampoco existe un monitoreo y actuación de mantenimiento oportuna.”

**Margarito, (2006)** en su tesis denominada: “Diseño de una red de comunicaciones para la implementación de un Sistema de Transporte Inteligente en el centro histórico de Lima sustentada en la Pontificia Universidad Católica del Perú; Santiago, Lima, Perú, llegó a las siguientes principales conclusiones:”

1. “Una red de comunicaciones para la implementación de un Sistema de Transporte Inteligente ayudaría a mejorar el sistema de monitoreo y control del transporte urbano, no solo en el Centro Histórico de Lima, sino también en toda la ciudad de Lima. Esto debido a que permitiría transportar la información obtenida del campo, por medio de los equipos de adquisición o sensores, hacia la Central de Tráfico, de tal manera que los operadores de transporte ejecuten las medidas de corrección necesarias para el ordenamiento del tránsito.”

2. “La implementación de una red Ethernet para el Sistema de Transporte Inteligente por medio de fibra óptica en todo el Centro Histórico de Lima es factible, ya que se tiene la infraestructura adecuada, el cual permitiría transportar gran cantidad de información para una infinidad de servicios en el transporte urbano. Mucho se dice acerca del costo elevado de la fibra óptica, sin embargo, con el tiempo ha ido decreciendo, convirtiéndolo en una solución rentable y escalable.”

3. “Una red Ethernet permitiría la integración de varios servicios que pueden existir en un Sistema de Transporte Inteligente, ya que puede transportar datos, voz, y video en una sola infraestructura de red, ahorrando costos en otras implementaciones. No solo es posible instalar controladores de semáforos, sensores y cámaras de video, sino también equipos que permitan ofrecer otros servicios que son fundamentales en el control y difusión de información del transporte urbano.”

4. “Se tiene los rompe muelles electrónicos, los cuales bloquean una vía de manera remota; los paneles de mensaje variable, que muestran información en la vía pública; casetas de información, que son computadores instalados en la vía pública para ofrecer información local a los turistas por medio de la Web; los hot spot o acceso a Internet inalámbrico, un servicio que se puede ofrecer a los turistas; teléfonos públicos de emergencia; y así una infinidad de servicios brindados en el Sistema de Transporte Inteligente.”

5. “La tecnología Ethernet está creciendo como estándar, ya que no solo se utiliza en oficinas y campus, sino también en zonas industriales y aplicaciones de planta externa, tal como ocurre con el Sistema de Transporte Inteligente, en la cual muchas empresas y fabricantes de equipos involucrados en esto muestran interés en que sus productos cumplan con el estándar Ethernet. Es por ello que los switches convencionales no pueden ser usados en aplicaciones del Sistema de Transporte Inteligente, sino más bien switches para aplicaciones industriales y de planta externa.”

6. “Una red Ethernet convencional es diseñada teniendo en cuenta una topología en estrella, lo cual es muy recomendado para redes corporativas. Sin embargo, existen casos en que esta topología no se acomoda a las necesidades de acceso de un sistema en particular, tal como puede suceder en un Sistema de Transporte Inteligente. La topología en cascada para una red Ethernet está siendo aplicado hoy en día para estos sistemas, debido básicamente a la distribución de los nodos del sistema.”

7. “En las pruebas de tráfico realizadas en esta investigación, se ha determinado que las características de tráfico en una red Ethernet, con topología en cascada y con enlaces Fast Ethernet entre switches, son óptimas para el correcto desempeño de aplicaciones de video MPEG4 en tiempo real. Sin embargo, existe

un límite en la cantidad de tráfico para que esto ocurra. Es por ello que se considera reemplazar los enlaces entre switches de Fast Ethernet a Gigabit Ethernet si es que el tráfico requerido supera este límite, logrando así un mejor desempeño.”

8. “El protocolo TCP/IP está siendo cada vez más utilizados en los Sistemas de Transporte Inteligentes, prueba de ello es el surgimiento de las normas NTCIP, los cuales incluye la pila de protocolos TCP/IP como método para el transporte de datos, voz y video. La generalización de esta pila de protocolos no es ajena a los fabricantes de equipos y desarrolladores de aplicaciones para este sistema, llegando así dejar de lado sus protocolos propietarios.”

## **2.2. Marco conceptual**

### **2.2.1. Teorías de la investigación**

#### **2.2.1.1 Sistema inteligente de transporte**

Son aplicaciones de tecnologías en el manejo de los sistemas de transporte cuyo objetivo es aumentar su eficiencia y seguridad, mientras se les da a los usuarios de las vías opciones de movilidad basadas en información de tiempo real. Con inversiones relativamente menores en ITS pueden producir ahorros significativos en los costos totales de un sistema (Gómez, 2018).

Los Sistema de transporte terrestre de pasajeros, se definen como la integración entre la infraestructura, y sistemas de transporte terrestre que permiten el desplazamiento de pasajeros de un lugar a otro (Gómez, 2018).

Se definen como la integración de un conjunto de tecnologías basadas en la telemática

(telecomunicaciones e informática) que resuelven problemas de transporte y movilidad, aumentando la eficiencia y seguridad del transporte. Mediante el uso de este tipo de sistemas, puede lograrse un ahorro en los tiempos y costos de viaje, disminuir los accidentes de tránsito, e incluso disminuir la contaminación del medio ambiente (Del Águila, 2017).

En un ITS convergen tecnología e información, permitiendo el manejo del tráfico desde un centro de gestión y basado en los dispositivos de adquisición como estaciones meteorológicas, anemómetros, detectores de infrarrojos, análisis de imágenes y detectores vehiculares magnéticos. Igualmente permite llevar la información en tiempo real a los ciudadanos por medio de vallas luminosas, paneles de información dinámica, etc. (Del Águila, 2017).

En definitiva, los Sistemas Inteligentes de Transporte, se refieren a la integración de la infraestructura tecnológica, sistemas informativos y de telecomunicaciones al servicio de los procesos involucrados en el transporte, incluyendo todas sus modalidades: Transporte por carretera, Terrestre ferroviario, Aéreo, Marítimo y Fluvial (Del Águila, 2017).

Los sistemas inteligentes de transporte (SIT o ITS, por sus siglas en inglés universalmente aceptadas) son sistemas que aplican tecnologías de la informática y las telecomunicaciones, en el ámbito del transporte, orientadas a solucionar problemas de gestión de tránsito, movilidad, seguridad y medio ambiente (Hernández, 2014).

ITS es la unión de tecnologías de información y comunicación entre los vehículos y las redes que transportan personas y bienes. Inteligente porque ellos brindan conocimiento extra de pasajeros y operadores; ITS ayuda a los conductores a navegar tan bien como para evitar el tráfico y los accidentes. Sobre los trenes y buses, permiten manejar óptimamente la operación de toda la flota y ofrece a los pasajeros boletería automática e información en tiempo real. Sobre las redes viales, ayuda a coordinar las señales de tráfico, detecta y maneja incidentes, muestra información y guía a los conductores, y salva (Margarito, 2006)

Los ITS aplican tecnologías tanto a la infraestructura como a los vehículos y sus usuarios con el objetivo de agilizar el tránsito y hacer eficiente los sistemas de transporte, contando con la habilidad para reunir, organizar, analizar, usar y compartir información acerca de cada uno de los sistemas de transporte (Hernández, 2014).

Los Sistemas Inteligentes de Transporte (SIT) representan la aplicación de los avances en computación y en tecnologías de telecomunicaciones a la industria del transporte y a sus sistemas operativos, cualquiera que sea el modo en cuestión: aéreo, marítimo o terrestre. Su objetivo es evitar congestionamientos de tráfico, reducir tiempos de traslado e inversiones en infraestructura y superestructura de transporte, mejorar la seguridad y, en términos generales, incrementar la eficiencia y seguridad, reduciendo los impactos negativos al medio ambiente y el consumo de fuentes energéticas que se pueden dedicar a otros usos de la población (Hernández, 2013).

El concepto de Sistema Inteligente de Transporte se ha convertido en un fenómeno global emergente, sobre todo en países desarrollados donde la tecnología está cambiando la forma con la que se diseñan, construyen, operan y administran los sistemas de transporte (Hernández, 2013).

Los Sistemas Inteligentes de Transporte (SIT) son el uso de tecnología en materia de computación y comunicaciones para dirigir muchos retos que modernizan el aspecto de las sociedades en lo que a transporte se refiere, mejorando la seguridad, productividad y movilidad general, a pesar del incremento de tránsito, de las amenazas que impiden viajar a salvo y con seguridad, y de los presupuestos obligadamente crecientes de agencias de transporte (Hernández, 2013).

Los Sistemas Inteligentes de Transporte (SIT) son un grupo de tecnologías que están cambiando la manera en la que se construye, diseña, manejan y operan los sistemas de transporte en todos sus modos. A través de estos cambios se promete aportar beneficios a la sociedad que están relacionados con el nivel de servicio en lo que a transporte se refiere, y con el nivel de construcción de infraestructura industrial necesaria para desarrollar e implantar estas tecnologías (Hernández, 2013).

Los Sistemas Inteligentes de Transporte (SIT) son la integración de tecnologías emergentes y actuales en las áreas del proceso de información, comunicaciones y electrónica, aplicadas para resolver problemas en materia de transporte (Hernández, 2013).

Los Sistemas Inteligentes de Transporte (SIT) representan una evolución de la operación y manejo del tráfico, que se orienta hacia la integración total de los sistemas técnicos del transporte. Están dirigidos, también, para obtener más de ellos que los sistemas actuales de transporte (infraestructura física y medios móviles), mediante el mejor aprovechamiento de los medios disponibles; en ese sentido, representa la vanguardia de la tendencia en ingeniería de transporte a escala mundial, fuera de la construcción de nueva infraestructura y hacia la optimización de los sistemas existentes (Hernández, 2013).

En un ITS convergen tecnología e información, permitiendo el manejo del tráfico desde un centro de gestión y basado en los dispositivos de adquisición como estaciones meteorológicas, anemómetros, detectores de infrarrojos, análisis de imágenes y detectores vehiculares magnéticos. Igualmente permite llevar la información en tiempo real a los ciudadanos por medio de vallas luminosas, paneles de información dinámica, etc. (Flores, 2018).

Ante las numerosas dificultades existentes para acometer nuevas actuaciones en infraestructura, las aplicaciones ITS se muestran como una solución viable para hacer el movimiento de personas y mercancías más eficiente en todos los modos de transporte. Al integrar las tres vías de información, comunicación y control, las tecnologías facilitan a las administraciones, operadores y usuarios, el estar mejor informados y poder tomar decisiones coordinadas. Más aún, las alternativas ITS tienen menores costes de adquisición y operativos

durante su ciclo de vida que las tradicionales mejoras del transporte (Flores, 2018).

### **2.2.1.2 Funcionamiento de un sistema inteligente de transporte**

Los sistemas ITS emplean las tecnologías de información y control similares a las que empleamos todos al acceder a Internet o al emplear telefonía móvil. La base del sistema está formada por la adquisición de datos de diferentes dispositivos (estaciones meteorológicas, anemómetros, espiras, radares, detectores infrarrojos, incluso análisis de imágenes de TV) que unos ordenadores procesan para elaborar una serie de informaciones que, una vez integradas, se ofrecen a los usuarios en sus terminales (Flores, 2018).

Antes de la revolución vivida por los sistemas de información, éstos estaban al alcance sólo de unos pocos centros de gestión de tráfico, con carísimos dispositivos diseñados por un fabricante, que era propietario de su tecnología, y que era incompatible con la de otros fabricantes de sistemas similares. Este panorama ha cambiado por la progresiva implantación de cableado estándar, el empleo del protocolo TCP/IP y de ordenadores tipo PC con sistemas operativos estándar para configurar intranets con posibilidades de salida a la red global de Internet, y la consiguiente bajada de costes de desarrollo, de gastos de enseñanza a operarios y de difusión de la información, que puede recibirse en un teléfono móvil o en un ordenador de viaje. En este aspecto, las tecnologías externas mejoran a un nivel que, a los ITS, con sus superiores requisitos de seguridad y de dispersión geográfica, les está costando llegar. El GPS ha añadido una dimensión más al posible usuario

de ITS, pues, en todo momento conoce y puede hacer conocer, su posición, recibiendo así sólo la información que es de su interés. Los avances en vídeo digital han supuesto, aparte del abaratamiento de las cámaras y de la reducción de su tamaño, la posibilidad de analizar de forma automática lo que captan, así como el almacenaje y la rápida recuperación de secuencias (Flores, 2018).

### **2.2.1.3 Características deseables con los sistemas inteligentes de transporte**

Según (Gómez, 2018) en tiempo real lo que buscan los sistemas inteligentes de transporte son:

- ✓ Disminución de accidentes.
- ✓ Disminución en tiempos de respuesta.
- ✓ Disminución en tiempos de viajes.
- ✓ Disminución de contaminación ambiental.
- ✓ Disminución costos operativos de las vías.
- ✓ Disminución la movilidad del tráfico.
- ✓ Detección electrónica de infracciones.
- ✓ Conteo y clasificación de vehículos.
- ✓ Análisis de origen / destino.
- ✓ Vehículos robados / embargados / con limitaciones.
- ✓ Inteligencia con información histórica.

### **2.2.1.4 Objetivos de los sistemas inteligentes de transporte**

El objetivo de los sistemas de transporte inteligente es incrementar la movilidad, seguridad y eficiencia del transporte, mejorando la funcionalidad de los vehículos y las vías usando las tecnologías de la información. Utilizar tecnologías ITS en el desempeño del sistema vial optimizará su capacidad efectiva (Panduro, 2017).

### **2.2.1.5 Particularidades de los sistemas de transporte inteligente**

Según (Gómez, 2018) los ITS tienen la capacidad de brindar información como:

- ✓ Velocidad: tiempo y distancia recorrida.
- ✓ Capacidad: Total de usuarios que pueden ser atendidos.
- ✓ Frecuencia: cantidad de vehículos que pasan por un punto determinado del despeamiento
- ✓ Facilidad de acceso: no necesita esfuerzo para poder utilizar el servicio
- ✓ Capacidad de Respuesta: facilidad del sistema para poder responder a necesidades ya sean de infraestructura o de del cliente.
- ✓ Cobertura: que sea accesible al usuario final.
- ✓ Flexibilidad: El sistema debe tener la capacidad de soportar constantes cambios.

### **2.2.1.6 Principales servicios del sistema inteligente de transporte**

**a.- Control de señales de tráfico:** Es un sistema usado para la sincronización de tiempos de un determinado número de señales de tráfico en un área de constante tránsito, y cuyo objetivo principal es la de reducir los retrasos vehiculares provocados por el cruce de dos vías, maximizando de esta manera el tiempo de viaje. El control de estas señales varía en tipo y complejidad, se tiene desde los más simples que usan datos recolectados para configurar los planes de tiempo, hasta los más complejos como el control de señales adaptativo que usa información del tránsito en tiempo real para optimizar los planes de tiempo en una red de señales de tránsito. (Margarito, 2006)

Mientras la población aumenta en número, la demanda por el uso de nuestro sistema de transporte actual será difícil de satisfacer. La expansión de las vías de tránsito no es una solución viable debido al alto costo, por lo que el desarrollo de sistemas inteligentes tales como un control de señales de tráfico avanzado serían crítico para el aprovechamiento de la máxima capacidad de nuestro sistema de vías. En la actualidad, una pobre señalización provoca la pérdida de tiempo, combustible y dinero. (Margarito, 2006)

La operación de las señales de tránsito se puede describir en términos de longitud de ciclo, fases de señal, y offsets. La longitud del ciclo es el tiempo requerido para una secuencia completa de las fases de señalización y está típicamente entre los 60 y 120 segundos para una intersección de 4 sentidos. El offset entre señales de tráfico sucesivos es el tiempo de diferencia entre el comienzo de la fase de verde de una intersección en un sentido y el comienzo de la fase de verde de la otra intersección en el otro sentido. (Margarito, 2006)

Las señales de tránsito pueden operar independientemente o como un sistema. Se puede agrupar el alcance de las señales de tránsito en tres categorías:

- ✓ Control de Intersección Individual: Una sola señal de tránsito opera en modo pre configurado o actuado por tráfico; ello sin afectar la operación de otras señales de tránsito. (Margarito, 2006)
- ✓ Control Arterial: Dos o más señales de tránsito operan de manera síncrona a lo largo de una calle en modo

pre configurado o actuado por tráfico. (Margarito, 2006)

- ✓ Control de red: Las señales de tránsito comprendidas en una red entera de intersecciones están coordinadas a través de un plan de señalización, o una estrategia de control adaptativo. (Margarito, 2006)

Estos estándares son usados para las especificaciones técnicas de los controladores de señales en intersecciones. Es importante considerar antes de implementar una estrategia de control de señales de tráfico la capacidad de los controladores de tráfico existentes, ya que existen modelos de estos dispositivos que posiblemente no soporte la cantidad de datos que se requieren procesar. A continuación, los estándares más importantes en lo que respecta a controladores de señales de tráfico (Margarito, 2006)

- ✓ NEMA TS-1: El primer controlador de tráfico definido y aceptado en la industria del transporte, está basado en conformidad con el estándar de los conectores eléctricos y mecánicos. Su arquitectura se basa en una relación cercana al usuario, el cual no permite que se cambie ni el software, hardware o la funcionalidad del producto. (Margarito, 2006)
- ✓ Caltrans 170: Creado por el Caltrans en los años 1970s, este controlador no solo fue definido en el estándar de su interfase, sino también en el procesador que se usaría y el mapa de memoria. Esto permitió que los desarrolladores de software crearan sus propios productos, y los operadores de tránsito se beneficien con múltiples vendedores de hardware y software. Sin embargo, este producto se está desactualizando ya

que no son capaces de soportar los nuevos estándares. (Margarito, 2006)

- ✓ NEMA TS-2: Con la necesidad de crear un nuevo controlador, NEMA publicó las especificaciones TS-2 en 1992. Este sistema utiliza una arquitectura de salidas y entradas seriales para proveer modularidad y expansibilidad para los detectores de entrada y salida. La arquitectura TS-2 se mantiene vinculado con el integrador, por lo que las limitaciones inherentes de un sistema cerrado prevalecen. A pesar de que estas especificaciones se aplicaron desde 1992, muchos creen que el estándar Caltrans 170 evitaría su amplia adopción. (Margarito, 2006)
- ✓ Caltrans 2070: El modelo del controlador de tráfico Caltrans 2070 ATC es un nuevo intento de satisfacer las grandes demandas de un sistema de control urbano avanzado e inteligente y de aplicaciones que requieren gran rendimiento y flexibilidad que solo les puede ofrecer este nuevo controlador. (Margarito, 2006)
- ✓ NTCIP: Se define protocolos de aplicación para la correcta interpretación de la información durante la comunicación entre controladores y el sistema de control. (Margarito, 2006)

**b.- Monitoreo de tráfico:** Según (Margarito, 2006) el monitoreo del tráfico juega un rol muy importante en un Sistema de Transporte Inteligente ya que nos permite detectar incidentes, controlar el tráfico y recolectar datos para difundirlos. Los principales elementos en el sistema de monitoreo se encuentran dispuestos en las vías, ya que es preciso detectar los vehículos y transeúntes.

Son varias formas y tecnologías que se usan para poder implementar un sistema de monitoreo, por ejemplo, se

tiene los bucles inductivos, los cuales están siendo menos usados y reemplazados por nuevas tecnologías tales como detección por imágenes de video o por señal de radar. Se mencionarán algunos términos usados en estos dispositivos:

- ✓ Zona: Es un área en el cual los parámetros de tráfico son medidos. Una zona es una representación abstracta de un área que es independiente de la tecnología.
- ✓ Zona Virtual: Es una terminología usada para identificar una zona que es creada por el resultado de la combinación lógica de dos zonas físicas, mediante operadores lógicos tales como “AND” y “OR”.
- ✓ Sensor: Es un dispositivo físico usado para censar tráfico. Un sensor es capaz de proveer una o más zonas de detección.

**c.- Vigilancia por video:** Según (Margarito, 2006) los Circuitos Cerrados de TV (CCTV) son una pieza fundamental en lo que respecta a un Sistema de Control de Tráfico. Un primer beneficio de un CCTV es la capacidad de proveer información visual requerida para tomar decisiones rápidas en caso de algún incidente en el tránsito o algún desperfecto en el funcionamiento del sistema. Los CCTV son muy usados en la vigilancia de autopistas y zonas urbanas, para verificar si se ha producido accidentes de tránsito, incluso para responder a sucesos imprevistos tal como apoyar la seguridad ciudadana. En resumen, se puede decir que las cámaras son útiles para realizar las siguientes tareas:

- ✓ Monitorear el movimiento del tráfico en las autopistas y vías urbanas.

- ✓ Verificar las Señales de Mensaje Variable.
- ✓ Verificación de estancamiento por fallas mecánicas de motoristas o por accidentes.
- ✓ Observar el clima local y otras condiciones peligrosas.

Actualmente se está implementando avanzados sistemas de vigilancias con cámaras de video para el control de tráfico. Una de las más recientes tecnologías usadas en una red de comunicación para los Sistemas de Transporte Inteligentes es el video digital, y que se cree será la tecnología predominante en las siguientes décadas para los sistemas de vigilancia por video. Una de las razones por las cuales se adopta el uso de este producto es por la conformación de la red en la que se implementa este sistema, el cual es netamente digital. Sin embargo, por motivos de costos muchos operadores de tránsito se rehúsan a dejar el video analógico. (Margarito, 2006)

Muchas de las redes de video son analógicas, tanto en aplicaciones de transporte como en otras industrias, y que están típicamente basados en el uso de la técnica de transmisión por multiplexación de división de frecuencia (FDM). Está demostrado que el video analógico ofrece alta calidad en las imágenes y un relativo costo bajo. Teniendo esto en consideración, se verá el uso de este sistema analógico por muchos años más. Sin embargo, debido a que las agencias de transporte están implementando redes digitales, el uso del video digital será en un futuro ampliamente usado a pesar del costo que representa; esto será posible con el surgimiento de nuevos estándares para la compresión de video como es el MPEG. (Margarito, 2006)

Según (Margarito, J., 2006) se mencionará algunos beneficios del uso de un sistema de video digital para las agencias de transporte:

- ✓ La capacidad de interconectarse con una red pública de telecomunicación y compartir información con otras agencias de transporte.
- ✓ La capacidad de la red de no solo transportar video, sino voz y datos.
- ✓ La capacidad de transportar información a grandes distancias sin preocuparse por la degradación de la señal.
- ✓ La posibilidad de manipular e interpretar las imágenes de video usando sistemas computarizados.
- ✓ El deseo de adquirir tecnología que no se vuelva obsoleta en el futuro, es decir proteger la inversión que se realiza.

En el caso de video analógico, los estándares más usados son el PAL y el NTSC, dependiendo en que zona o país nos encontremos. Para un medio digital lo que se suele hacer es codificar las imágenes analógicas a un formato de compresión digital; en la actualidad el formato estándar es el MPEG y que comprende muchas versiones los cuales han ido mejorando según la versión. Además, la cámara no solo envía imágenes, sino que recibe señales de control para el cambio en sus parámetros mecánicos, y que son el pan, tilt y zoom. El pan y tilt se refieren a los movimientos verticales y horizontales que realiza la cámara para ajustar la dirección de visión; mientras que el zoom es el ajuste del área de visión de la cámara. (Margarito, 2006)

**d.- Almacenamiento de datos de tráfico:** Según (Margarito, 2006) los centros de control de tráfico colectan información de incidentes del tránsito acerca del sistema de transporte, estos datos son combinados con otros datos de control y operación de tal manera que se pueda controlar el transporte y además producir información para público. Almacenar esta información es una manera efectiva de dejarlo a disposición de los operadores que desean realizar mejoras en su sistema de transporte.

La información recolectada incluye generalmente:

- ✓ Volúmenes de tráfico de vehículos.
- ✓ Incidentes de tráfico (número de carriles bloqueados, accidentes, embotellamiento).

Y también pueden incluir:

- ✓ Velocidad de vehículos.
- ✓ Tiempo de viaje.
- ✓ Programación de zonas de trabajo (posición, número de carriles bloqueados, duración de los trabajos).

Emisión de vehículos.

- ✓ Clasificación de vehículos (porcentaje de camiones, por ejemplo).

Almacenar dicha información provee una manera efectiva de obtener datos que pueden ser útiles para los planificadores, diseñadores, e investigadores en el transporte con múltiples propósitos. Los datos pueden ser usados para el diseño y planificación de infraestructura, estrategias de control, seguimiento de congestión, modelamiento de emisiones, y programación de mantenimiento y construcción. Las centrales de control de

tráfico pueden usar esta información en particular para analizar el rendimiento de las medidas, determinar la mejor manera de manejar las crisis, y por último desarrollar nuevas tecnologías que permita mejorar el rendimiento del sistema de control de tráfico. (Margarito, 2006)

#### **2.2.1.7 Beneficios del sistema inteligente de transporte**

Las aplicaciones ITS son básicas para el desarrollo de una política que integre la oferta y demanda de transporte. Proporcionan numerosos beneficios en forma de utilización más eficiente de la infraestructura y de los recursos energéticos, junto a mejoras significativas en seguridad, movilidad, productividad y accesibilidad. (Flores, 2018).

Debido al resultado de la experiencia mundial coexiste una idea respectivamente clara sobre los beneficios que se espera de la aplicación de servicios ITS (Ochoa, 2015).

A pesar de que la experiencia mundial no es completamente adaptable a la realidad nacional, los beneficios que se adjudican a continuación sirven de referencia para la elección de posibles tecnologías a implantar en nuestro país (Ochoa, 2015).

Según (Ochoa, 2015) entre los beneficios de los ITS podemos destacar:

La implementación de los ITS ayudará a los conductores ya sea de automóviles, camionetas y buses a evitar accidentes y salvaguardar al conductor durante el recorrido. A su vez mejorará la visibilidad de los conductores, principalmente en la noche y en mal tiempo.

**Seguridad:** Nos ayudará a salvaguardar vidas, evitar lesiones, disminuir tiempo, dinero y por ende, formar el transporte más seguro:

Proporcionará datos de labores en las rutas, colisión del tráfico, y distintos peligros potenciales al mismo tiempo ayudará a descubrir accidentes, prescribir la severidad del choque y de las lesiones posibles, y favorecerá con la administración del sistema de emergencias.

**Prevención:** Ayudará a advertir y manifestar situaciones desastrosas, ya sea de eventos de causa natural, falta humana o ataques.

Monitoreo en forma continua el procedimiento de los sistemas del transporte para salvaguardar la seguridad de las personas que utilicen el sistema de transporte público (cámara de "Ojos de Águila" y Sistema Transporte Seguro)

**Eficiencia – Economía:** Evitará golpes, ahorrará tiempo, dinero, la meta es comprimir el número de accidentes y fallecimientos o golpes ocasionados por el sistema de transporte con la finalidad de renovar y precipitar la respuesta cuando acontezcan accidentes:

Se enlazará con las unidades de auxilio inmediato para proporcionar el cuidado inicial a las personas accidentadas.

**Movilidad – Acceso:** Ayudará a los viajeros proporcionándoles información que soliciten sin interesar su edad.

El ITS hará más fácil el pago de los servicios de transporte ya que contendrá un solo elemento electrónico

de pago, atención al cliente y trabajo eficaz son las nuevas necesidades.

#### **Medio Ambiente:**

- ✓ Los viajes serán más rápidos y menos complicados, descartando tiempos de congestión. El fin es reducir la contaminación cada año.
- ✓ Conservará un tráfico fluido en autopistas sean con o sin peajes.
- ✓ Facilitará información del tiempo, ambientes de las autopistas o calles.

**Transporte para Todos:** Los servicios de transporte actuales tienen la finalidad de proporcionar a los usuarios el destino de manera eficiente segura haciéndolo ambientalmente amistoso y más seguro.

Las soluciones tradicionales de creación de nuevas infraestructuras, frecuentemente tienen altos costos de capital. Sin embargo, sus costos operacionales y de mantenimiento son relativamente pequeños y no han sufrido modificaciones en varios años. Por otra parte, los SIT están basados en sistemas computacionales y se diferencian ampliamente de las soluciones tradicionales, ya que tienen un bajo coste de inversión y generan importantes beneficios (Del Águila, 2017).

#### **2.2.1.8 Funciones de los componentes del sistema inteligente de transporte**

Cualquier técnica que usa tecnologías de información y control consigue ser descompuesto en las subfunciones de recolección, proceso y propagación de la información principal, y de disposición y soporte de inspección basado en la información (Ochoa, 2015).

Según (Ochoa, 2015) en ITS, estas subfunciones se emplean al tráfico, vehículos y personas implicadas y aplican una extensa diversidad de tecnologías. Expuestas funciones pueden ser resumidas en:

**a) Adquisición de los datos:** En esta clasificación se encuentran todas las funciones que tienen que ver con la recolección de la información. El principal requisito para esta subfunción es que la información recolectada debe ser precisa y estar disponible en el momento en que se necesita (Ochoa, 2015).

**b) Transmisión de los datos:** La transmisión de los datos es otra subfunción clave en los servicios ITS. Existen dos categorías de medios técnicos para transmitir información: los terminales fijos, como teléfono, radio y televisión y los terminales móviles, como teléfonos celulares y radio. Normalmente, se clasifican también como transmisión alámbrica e inalámbrica wireless o unwireles (Ochoa, 2015).

**c) Sala de control central:** Dado que información de distinta naturaleza se está recolectando simultáneamente en diversos lugares, se necesita de un centro de control que consolide y procese todos los datos. En el centro de control es donde los operadores reciben los datos y apoyados por herramientas de software y hardware, toman decisiones sobre el sistema de transporte (Ochoa, 2015).

**d) Vehículo:** Existen tres tipos de sensores básicos en los vehículos: los que registran la posición absoluta, los que registran la posición relativa y los que registran el funcionamiento del vehículo. Por otro lado, existen interfaces entre el sistema y el conductor, los cuales

también se ubican en el vehículo y van desde radios hasta complejos sistemas de navegación. Por último, en el vehículo se encuentran también dispositivos de control, que permiten operar el vehículo desde el centro de control u operarse a sí mismo sobre la información que pueda recoger del sistema (Ochoa, 2015).

#### **2.2.1.9 Categorías del sistema inteligente de transporte**

Se clasifican en cinco (05) áreas funcionales:

**a.- Sistemas Avanzados de Gestión del Tráfico (ATMS):** Sistemas Avanzados de Gestión del Tráfico. Estos se encargan de detectar las diversas situaciones en el que se encuentra el tráfico de una determinada área y transmite estos datos al centro de control a través de redes de comunicaciones y, luego desarrolla estrategias de control del tráfico mediante la combinación de todos los tipos de información de tráfico. Por otra parte, ATMS hace uso de instalaciones para controlar el tráfico y transmite la información a los conductores y los departamentos relacionados, implementando de esta forma medidas de gestión del tráfico, tales como la medición de la rampa, control de señales, control de velocidad, gestión de incidentes, peajes electrónicos y control de la alta ocupación de vehículos (Del Águila, 2017).

**b.- Sistemas Avanzados De Información Para Pasajeros (ATIS):** Sistemas Avanzados de Información para Pasajeros. Estos sistemas hacen uso de tecnologías de comunicación avanzadas, las cuales permiten que los usuarios tengan acceso a la información de las vías y/o carreteras en tiempo real, en el automóvil, en la casa, en la oficina o al aire libre, convirtiéndose esta herramienta

como la referencia a la hora de elegir modos de transporte, viajes y rutas de viaje. Este tipo de sistemas incluye principalmente señales intercambiables de mensajes, radio asesor de carretera (HAR), sistemas de georreferenciación satelital (GPS), conexión a Internet, teléfono, fax, televisión por cable y móviles (Del Águila, 2017).

**c.- Sistemas Avanzados de Control y Seguridad de Vehículos (AVCSS):** Sistemas Avanzados de Control y Seguridad de Vehículos. Estos sistemas aplican tecnologías avanzadas en vehículos y carreteras, y ayudan a los conductores a controlar sus vehículos con el fin de reducir accidentes y mejorar la seguridad del tráfico. El AVCSS incluye principalmente mecanismos de alerta y control anti colisión, asistencia al conductor, control lateral y longitudinal automático y los planes a largo plazo de la conducción automática y de sistemas automáticos de carreteras (Del Águila, 2017).

**d.- Operaciones de Vehículos Comerciales (CVO):** Operaciones de Vehículos Comerciales. CVO aplica tecnología de ATMS, ATIS, y AVCSS en la operación de vehículos comerciales, tales como camiones, buses, ambulancias y taxis con el fin de mejorar la eficiencia y la seguridad. El sistema incluye principalmente el control automático de vehículos, la gestión de la flota, equipos de programación y pago electrónico (Del Águila, 2017).

**e.- Sistemas Avanzados de Transporte Público (APTS):** Sistemas Avanzados de Transporte Público. APTS aplica la tecnología de ATMS, ATIS y AVCSS en el transporte público. Estos sistemas incluyen principalmente vigilancia automática de vehículos, VPS,

equipos de programación y boletos electrónicos. El objetivo de todas las aplicaciones de SIT es actuar como un elemento diferenciador, permitiendo establecer comunicaciones más ágiles, disminuir tiempos de desplazamiento, aumentar la seguridad vial, entre otras, con el fin de mejorar su eficiencia y con esto su competitividad y productividad. En el tramo objeto de estudio de esta tesis los sistemas SIT a aplicar es la correspondiente a la categoría ATMS que nos permitirá una gestión avanzada y segura del tráfico haciendo uso de la infraestructura presente, con la implementación de instalaciones a dicha infraestructura (Del Águila, 2017).

#### **2.2.1.10 Arquitectura del sistema inteligente de transporte**

La Arquitectura de un sistema SIT es el marco que describe la manera en que los componentes interactúan y trabajan en forma conjunta para lograr las metas del sistema. Es decir, la Arquitectura del sistema SIT describe la operación del sistema en sí, la función de cada componente y qué información se intercambia entre dichos componentes (Del Águila, 2017).

El propósito de la Arquitectura de Sistemas para los SIT es proporcionar ese marco para que sirva como base para las elecciones de diseño e implementación, y definir las decisiones de inversión. Los sistemas SIT poseen una serie de características que sólo son alcanzables con una Arquitectura bien planeada y ejecutada (Del Águila, 2017):

**a.- Compatibilidad:** La compatibilidad ocurre cuando el software o algún componente del sistema se sustituye o actualiza y el sistema sigue funcionando o mejora con las nuevas características que la implementación aportó.

Esta característica depende de que la Arquitectura del sistema imponga especificaciones claras y consistentes (Del Águila, 2017).

**b.- Capacidad de expansión:** Significa que el sistema se puede manejar con mayores volúmenes, en otras ubicaciones o incorporar nuevas actividades, y aun así trabajar con éxito. Esta capacidad depende del buen diseño del sistema y va de la mano de la compatibilidad pues no sirve de nada que la expansión sea posible si los nuevos componentes del sistema no son compatibles con todo el sistema (Del Águila, 2017).

**c.- Interoperabilidad:** Se entiende por interoperabilidad cuando dos sistemas separados se vinculan para trabajar de manera cooperativa sin interferir uno con otro. Si se desarrollan dos sistemas en la misma arquitectura general del sistema y se han desarrollado conforme a las mismas normas, la probabilidad de éxito en la toma de la interoperabilidad de sistemas es mucho mayor (Del Águila, 2017).

**d.- Integración:** La integración de aplicación en un único sistema propicia un enfoque que proporciona interoperabilidad, es la conexión mutua y armoniosa de sistemas múltiples. Integrar aplicaciones a un sistema existente es mucho más difícil que a un sistema que comienza de cero; de cualquier forma, manejar una arquitectura común permite que exista integración entre los sistemas y las aplicaciones (Del Águila, 2017).

### **2.2.1.11 Tecnologías y conjunto del sistema inteligente de transporte**

**1. GPS.** – Sistemas de Posicionamiento Global bajo la cobertura de 24 satélites, se proporciona la información precisa de su situación en latitud y longitud a quienes tengan un receptor. Completada esta posición con bases de datos de mapas digitales, posibilitan la recepción de forma precisa de la información del estado del tráfico que interese al usuario, así como a planear rutas eficientes de viaje. Igualmente, permiten avisar de manera inmediata de una incidencia a quienes transitan en esa dirección. Su empleo en gestión de flotas es muy recomendable, más aún en el caso de vehículos de emergencia, ya que permiten de forma automática que la central sepa qué vehículos están disponibles y a qué distancia, y conducirlos de la forma más eficaz hacia el punto donde son requeridos (Flores, 2018).

**2. Meteorología.** – Medición de viento en puntos clave, temperatura, humedad, etc., que permitan prever o en su defecto avisar a un Centro de Control (y éste a su vez a los usuarios) de la formación de niebla, placas de hielo, vientos peligrosos, etc. (Flores, 2018).

**3. Volumen de tráfico.** – Este control se puede realizar tanto por las tradicionales espiras como por sistemas más sofisticados, como el análisis de imágenes de vídeo digital. Un programa “cuenta” los vehículos que van circulando delante de la cámara, además de detectar incidencias, gracias a algoritmos de análisis de imágenes (Flores, 2018).

**4. Captación de emisiones contaminantes.** – Monitorizar las emisiones de los vehículos no es

simplemente una utilidad para intentar medir el impacto del transporte en el medio ambiente, fundamental en grandes urbes, sino que es una necesidad en el caso de regular la ventilación en túneles (Flores, 2018).

**5. Sistema de peso en movimiento.** – Tecnología para medir el peso de un vehículo sin la necesidad de que se detenga en estaciones de medición (Flores, 2018).

**6. Guías de ruta.** – Encontrar el camino correcto en una zona que no nos sea familiar puede llegar a resultar complicado, aunque se disponga de un mapa impreso. Para resolver este problema, se emplean los sistemas de navegación que pueden emplear tanto GPS como SIG (Sistemas de Información Geográfica) o, ya en desuso, mapas digitales grabados en CD-ROM (Flores, 2018).

**7. Sistemas avanzados de control de vehículos.** – Controlan, entre otros, todos los consumos del vehículo, el sistema de frenado, los controles de tracción y el deslizamiento de llantas. Permiten llevar un control exhaustivo del mantenimiento de un vehículo.

**8. Monitorización de la conducción.** – Mediante una serie de sensores instalados en el vehículo, se registra la conducción que efectúan uno o varios conductores, comprobando si se ajustan a una serie de parámetros establecidos. Estos sistemas se están empleando tanto en vehículos de transporte profesional, como en coches de gama media-alta (Flores, 2018).

**9. Controles de crucero.** – Son tecnologías que permiten que el vehículo se mantenga a una distancia prudente del que lo antecede, avisando al conductor o, incluso actuando por su cuenta, mediante el control del

motor, el tren motriz o el sistema de frenado. De momento se están instalando en vehículos de gama alta (Flores, 2018).

**10. Sistemas de pago electrónico.** – La tecnología de pago electrónico de peaje (ETC) permite a los conductores pagar su cuota sin detenerse, por medio de tarjetas inteligentes e instaladas en un dispositivo dentro del vehículo. Lo más difícil de este sistema es el control de las diferentes categorías de vehículos y de posibles infractores, para lo cual se han desarrollado sistemas de reconocimiento de matrículas por cámaras de vídeo y OCR (Flores, 2018).

**11. Sistema de gestión de aparcamiento.** – Gestión y control centralizado de aparcamientos, basados en la incorporación de la tecnología de la tarjeta chip sin contacto en los equipos que, a su vez, añade la tecnología de Internet para facilitar la consolidación automática de la información generada por distintos aparcamientos, así como ofrecer servicios avanzados a los distintos usuarios del sistema. Esta tecnología facilita y agiliza la explotación de aparcamientos, ya que, además de permitir un acceso dinámico de los abonados, elimina las dudas de los responsables de operación ante reclamaciones de clientes por pérdida de ticket, tickets ilegibles, etc., aumentando la seguridad de la gestión. (Flores, 2018).

#### **2.2.1.12 Tipología del sistema inteligente de transporte**

Las aplicaciones ITS cubren todos los modos de transporte suministrando un extenso catálogo de servicios. En el ámbito de las carreteras existen aplicaciones de información para los usuarios, control del tráfico, gestión de incidencias y sistemas de control y

seguridad del vehículo. Asimismo, se utilizan en la gestión del transporte público, en el transporte de mercancías y en el pago electrónico (Flores, 2018).

Según (Flores, 2018) en el Departamento de Transporte de los Estados Unidos (DOT) se agrupan las aplicaciones ITS en los siete subsistemas siguientes:

1. Sistemas Avanzados de Información al Viajero (SAIV).
2. Sistemas Avanzados de Gestión del Tráfico (SAGT).
3. Gestión de Emergencias (GE).
4. Sistemas Avanzados de Seguridad del Vehículo (SASV).
5. Sistemas Avanzados de Transporte Público (SATP).
6. Operación de Vehículos Comerciales (OVC).
7. Planificación.

### 2.3. Definición de términos

1. **Capacidad:** Cantidad de usuarios que pueden ser atendidos. (Hernández, 2014)
2. **Capacidad de Respuesta:** Es la medida que tiene el sistema para responder una vez ocurrido algún daño o pérdida. (Hernández, 2014)
3. **Cobertura:** Zona de impacto del funcionamiento del sistema. (Hernández, 2014)
4. **Facilidad de acceso:** Conjunto de actividades o trámites previos a la realización del viaje. (Hernández, 2014)
5. **Flexibilidad:** Determina si el sistema es capaz de adaptarse a los cambios en los requerimientos del funcionamiento.
6. **Frecuencia:** Cantidad de vehículos que pasan por un punto dado en una sección de la ruta, en cierto período o intervalo de tiempo específico. (Hernández, 2014)
7. **Regularidad:** Es la medida en que se mantienen todos y cada uno de los demás atributos del sistema.

8. **Seguridad:** Medidas que prevengan la ocurrencia de daños y pérdidas de bienes, o accidentes a las personas. (Hernández, 2014)
9. **Simplicidad:** Indica en qué medida es posible la prestación del servicio con una cantidad mínima de transbordos o paradas. (Hernández, 2014)
10. **Velocidad:** Es la relación entre el tiempo empleado y la distancia recorrida, es conveniente distinguir dos tipos de velocidades. (Hernández, 2014)
11. **Velocidad comercial:** Velocidad correspondiente al tiempo en realizar un viaje y llegar a su destino, tomando en cuenta las paradas o detenciones del vehículo. (Hernández, 2014)
12. **Velocidad de marcha:** Velocidad que el vehículo tiene cuando se encuentra en movimiento. (Hernández, 2014)

## 2.4. Hipótesis

### 2.4.1. Hipótesis general

El sistema inteligente de transporte favorece significativamente en las condiciones viales existentes de la carretera Panamericana Sur – Huancayo, en el año 2020.

### 2.4.2. Hipótesis específicas

- a) El nivel de servicio de transporte en la carretera Panamericana Sur – Huancayo es deficiente en el año 2020, el cual requiere un sistema inteligente de transporte.
- b) El comportamiento del tránsito vehicular de la carretera Panamericana Sur – Huancayo es de alto flujo vehicular, el cual requiere un sistema inteligente de transporte en el año 2020
- c) El sistema inteligente de transporte resulta favorable en la situación vial de la carretera Panamericana Sur – Huancayo, en el año 2020.

## 2.5. Variables

### 2.5.1. Definición conceptual de la variable

Se considera variable a aquella que presenta una característica, cualidad o propiedad sobre un fenómeno o hecho que tiende a variar y que puede ser medido y/o evaluado.

Y = Condiciones viales existentes.

X = Sistema Inteligente de Transporte.

### 2.5.2. Definición operacional de la variable

Para la investigación se ha considerado las siguientes variables:

**Tabla 1 – Variables de investigación.**

<b>Variable Independiente</b>	<b>Variable Dependiente</b>
Sistema Inteligente de Transporte	Condiciones viales existentes

Fuente: Elaboración propia.

### 2.5.3. Operacionalización de la Variable

Tabla 2 – Operacionalización de las variables.

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
<b>Independiente</b> Sistema Inteligente de Transporte	Es el conjunto de aplicaciones que van a hacer uso de las tecnologías de comunicaciones, control y procesado de información en el ámbito de transporte con el fin de obtener un beneficio tanto, económico, energético y social.	Son sistemas que reportan beneficios no cuantitativos y cuantitativos. Entro de los cuantitativos están la mejora en la seguridad vial, la mejora en la eficiencia de los sistemas de transporte, mejora en la productividad y reducción de costes y beneficios ambientales.	Mejora en la seguridad vial	Porcentaje de reducción de accidentes
				Tiempo de respuesta de los servicios de emergencia
			Mejora en la eficiencia de los sistemas de transporte	Reducción de tiempos necesarios para transportar pasajeros
				Reducción de tiempos necesarios para transportar mercancías
				Asegurar el traslado de movilidad de manera segura y fiable
			Mejora en la productividad y reducción de costes	Maximiza uso de la infraestructura
			Beneficios medioambientales	Calentamiento Global
				Calentamiento climático
Mejora de la movilidad de personas con dificultades	Conducción más sencilla y segura			
<b>Dependiente</b> Condiciones	Son las condiciones actuales que tiene una red vial.	Son condiciones que se tienen en cuenta en una vía tales como información General, las	Información General	Rutas nacionales
				Clasificación vial

viales existentes		condiciones de la estructura vial, situación del mantenimiento vial, estado de los puentes		Accidentes de tránsito en las rutas nacionales
				Comportamiento de Tránsito en las rutas nacionales
			Condiciones de estructura vial	Encuesta de inventario vial
				Condiciones viales y problemas relacionados
			Situación del mantenimiento vial	Uso y mantenimiento
			Estado de los puentes	Inventario de puentes
				Resultados de la inspección visual de los puentes

Fuente: Elaboración propia.

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA

#### 3.1. Método de investigación

El método general de la investigación es el método científico; así, según (Aceituno H. et. al, 2020), el método científico “tiene como propósito mejorar la calidad de vida de la población mediante el conocimiento profundo de los fenómenos, así como las causas que los generan. Es más, conociendo las causas que los producen, entonces al manipularlas es posible modificar el comportamiento de los mismos”. Así lo reafirma también (Sancez & Resyes, 2017), quien menciona que, el método científico “es el camino a seguir mediante una serie de operaciones y reglas prefijadas que nos permiten alcanzar un resultado o un objetivo” (p.23). En este sentido El método científico reúne características ordenadas para lograr un conocimiento científico, es un procedimiento que puede extenderse en varios campos y se limita en un resultado definitivo (Arias Gonzales, 2020); en otras palabras, es el camino para llegar a un fin o una meta. Así, el método científico es el método usado en la presente investigación ya que es un proceso que tiene como finalidad el establecimiento de relaciones entre hechos, para luego de ello poder enunciar leyes que fundamenten el funcionamiento del mundo, éste es un método racional, propone ideas que se combinan y pueden generar nuevas ideas y conceptos, hasta incluso un propio cambio en el método. Por estas características se puede decir que el método científico es verificable y explicativo.

#### 3.2. Tipo de Investigación

De acuerdo a los propósitos de la investigación y a la naturaleza de los problemas planteados en la presente investigación es del tipo aplicada y/o tecnológica. Por el tema y los objetivos que persigue la investigación se encuentra enmarcado dentro de la investigación aplicada. Para (Arias Gonzales, 2020), este tipo de investigación se abastece por el tipo básico

o puro, ya que mediante la teoría se encarga de resolver problemas prácticos, se basa en los hallazgos, descubrimientos y soluciones que se planteó en el objetivo del estudio, normalmente este tipo de investigación se utiliza en la medicina o ingenierías. Los alcances que se pueden plantear aquí son explicativos; así lo reafirma (Feria A. et. al., 2019), al mencionar que la investigación tecnológica o aplicada busca soluciones a problemas prácticos; así como también (Tiburcio P. et. al, 2020) guarda íntima relación con la básica, pues depende de los descubrimientos y avances de la investigación básica y se enriquece con ellos, pero se caracteriza por su interés en la aplicación, utilización y consecuencias prácticas de los conocimientos. La investigación aplicada busca el conocer para hacer, para actuar, para construir, para modificar. En esa misma línea (Aceituno H. et. al, 2020), reafirma que la investigación aplicada, está orientada a un objetivo concreto de carácter práctico, pero también como dice (Arispe A. et. al, 2020), se enfoca en identificar a través del conocimiento científico, los medios (metodologías, tecnologías y protocolos) por los cuales se puede contribuir a solucionar una necesidad reconocida, práctica y específica.

Es así que la siguiente investigación fue aplicada ya que la investigación aplicada consiste en preservar conocimientos y utilizarlos en la práctica asimismo de mantener estudios científicos con el fin de encontrar respuesta a posibles aspectos de mejora en situación de la vida del día a día. Esto equivale a decir que este tipo de investigación es un proceso que busca convertir el conocimiento puro vale decir el conocimiento teórico en conocimiento práctico y útil para la vida de nuestra civilización.

### **3.3. Nivel de investigación**

El nivel de la presente investigación fue descriptivo - explicativo, ya que se orienta a establecer las causas que originan un fenómeno determinado. Se trata de un tipo de investigación cuantitativa - cualitativa que descubre el por qué y el para qué de un fenómeno. Se revelan las causas y efectos de lo estudiado a partir de una explicación del fenómeno de forma deductiva a

partir de teorías o leyes. La investigación explicativa genera definiciones operativas referidas al fenómeno estudiado y proporciona un modelo más cercano a la realidad del objeto de estudio.

La investigación pertenece al Nivel Descriptivo puesto que, como (Cabezas M. et. al, 2018) menciona, La finalidad de los estudios descriptivos es buscar especificar las propiedades, las características y los perfiles importantes de las personas, grupos, poblaciones, comunidades o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis; (Carhuancho M. et. al, 2019), En este proceso se evidencia que el investigador sustenta de manera concreta la situación preocupante, precisa un contexto e identifica necesidades. Nivel explicativo, porque como menciona (Molina C. et. al, 2020), se centra en buscar las causas o los porqués de la ocurrencia del fenómeno, de cuáles son las variables o características que presenta y de cómo se dan sus interrelaciones; en resumen, este nivel como dice (Alemán Zeledón, 2019) trata de evidenciar, demostrar, probar. Su objetivo es encontrar las relaciones de causa-efecto que se dan entre los hechos a objeto de conocerlos con mayor profundidad.

### **3.4. Diseño de investigación**

El diseño que se utilizó fue el diseño no experimental ya que no se manipularán deliberadamente la variable independiente en estudio. Será del tipo transversal o transeccional ya que se tomarán los datos en un determinado momento.

### **3.5. Población y muestra**

#### **3.5.1. Población**

La población fueron las carreteras de la Provincia de Huancayo, departamento de Junín. La población para (Carrasco, 2005) “es el conjunto de todos los elementos (unidades de análisis) que pertenecen al ámbito espacial donde se desarrolla el trabajo de investigación” (p.236). Se define como el conjunto de casos que

tienen una serie de especificaciones en común y se encuentran en un espacio determinado. En muchos casos, no es posible analizar toda la población por cuestiones de tiempo y recursos humanos. Es por ello que debe trabajarse con una parte “Muestra” (Chaudhuri, 2018).

### **3.5.2. Muestra**

Arispe (Arispe A. et. al, 2020) define como un sub grupo de casos de una población en el cual se recolectan los datos. Por su parte (Castro Cuba, 2019) explica que “la muestra es una porción de la población que se toma para el estudio y que pueda aplicarse en ella el instrumento de recolección de información”. La muestra debe reunir las características de la totalidad (representativa), lo que permitirá al investigador la generalización de los resultados. El trabajar con muestra permite: ahorrar tiempo, reduce costos y si está bien seleccionada puede ayudar con la precisión y exactitud de los datos. La muestra fue la carretera Panamericana Sur, tramo Chilca al distrito de Cullhuas, de la Provincia de Huancayo, departamento de Junín.

**Muestreo:** El muestreo fue no aleatorio intencional y a criterios de las investigadoras, como menciona (Castro Cuba, 2019), en este caso los elementos que conforman la población o universo no tienen la misma probabilidad de ser elegidos para conformar la muestra. La selección de quienes conformaran la muestra se hace de acuerdo a ciertos criterios de inclusión, en nuestro caso, la técnica de muestreo es intencional o basada en criterios (a conveniencia). Así Cortés (2004) menciona que “En la muestra intencional se elige una serie de criterios que se consideran necesarios o altamente convenientes para tener una unidad de análisis con las mayores ventajas para los fines que persigue la investigación”; en resumen, todos los casos de las muestras, serán no probabilísticas, intencional simple.

### 3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

#### Técnicas

Se emplearon diferentes técnicas agrupadas en diversas clasificaciones para capturar las fuentes de información, siendo la más operativa y la que tiene en cuenta la fuente de información: los casos de estudios de la aplicación de medidas socioeducativas del código de responsabilidad penal de adolescentes. Dado que se centra en el análisis de su actuación, valorando cada uno de sus aspectos técnicos, así como, definiendo sus puntos débiles y fuertes para posteriormente desarrollar acciones de mejora; se requiere de instrumentos que permitan abordar dicha realidad desde las perspectivas o paradigmas: cualitativos y cuantitativos. Martínez (1996), sostiene que cualquier estudio o valoración del ser humano debe ser individual, particular y poco generalizable, dado que el comportamiento o conducta, está constituido por una estructura o sistema psíquico diferente, es decir, sentimientos, percepciones, pensamientos, impulsos y acciones con gran interdependencia y que lo describen como ser independiente. Así, en la presente investigación se utilizó como técnicas:

**Análisis documental:** (Arias G., 2020), menciona que, es un proceso de revisión que se realiza para obtener datos del contenido de dicho documento; en este caso, los documentos deben ser revisión recolección de registros digitales y documentarios que son fuentes primarias y principales que facultan al investigador obtener datos y le permitan presentar sus resultados para concluir el estudio.

**La Entrevista:** La entrevista a los actores y concedores del proceso del transporte de dicho tramo, Arias (Arias G., 2020), expone que en la entrevista el investigador prepara con anticipación la ficha, estructurándola él mismo por medio de preguntas fijas y ordenadas que permiten que se dé la unificación de criterios. Es una técnica considerada mecánica porque la persona se dedica a responder las preguntas que se le plantean; auto administrada porque la persona puede responder sin ayuda del entrevistado las preguntas de acuerdo a la secuencia establecida y finalmente puede ser vista como un cuestionario que es guiado por el entrevistador (Trujillo, 2019).

Ambos instrumentos coadyuvaron a almacenar información científica.

**El cuestionario**, según (Hernández, Fernández, Baptista, Méndez, & Mendoza, 2014) “explica el proceso para elaborar un instrumento de medición y las principales alternativas para recolectar datos (se basa en preguntas que pueden ser cerradas o abiertas, sus preguntas pueden ser auto administrados, entrevista personal o telefónica, vía internet). La recopilación de datos cualitativos es de naturaleza exploratoria, implica un análisis e investigación a profundidad. Los métodos de recolección de datos cualitativos se enfocan principalmente en obtener ideas, razonamientos y motivaciones, por lo que profundizan en términos de investigación. Según Hernández et al., (2014), menciona también los pasos del procedimiento para construir el instrumento de medición

Cabe mencionar también que en las ciencias de la ingeniería existe una gama de técnicas propias de proceso de diseño de una infraestructura vial y/o propios de estudios ingenieriles, por ello, para la recolección de datos hace referencia al uso de una vasta diversidad de técnicas y herramientas que llegan a ser utilizadas por el analista para desarrollar los sistemas de información, los cuales pueden ser la entrevistas, la encuesta, el cuestionario, la observación, el diagrama de flujo y así como también el diccionario de datos. Son aquellos que se aplicarán en un momento en particular, con el objetivo de buscar información que llegará a ser útil a una investigación en común, lo que conlleva a decir que un instrumento de recolección de datos es en principio cualquier recurso del que se pueda valer el investigador para poder acercarse a los fenómenos y extraer de ellos información.

### **Instrumentos**

**Para el análisis documental:** Se usó una ficha de registro documental, recordando a Arias (Arias G., 2020) Si bien, la ficha de registro puede ser un instrumento alineado a la técnica de observación, es menester indicar que el análisis es un proceso de observación con características cognitivas por parte del investigador. La ficha de registro permite recolectar datos e información de las fuentes que se están consultando, las fichas se elaboran

y diseñan teniendo en cuenta la información que se desea obtener para el estudio; es decir, no existe un modelo estable.

**Para la entrevista:** Se usó una la ficha de entrevista, según (Arias G., 2020) es un instrumento presentado en un documento, cuyo fin principal es recolectar información de la persona entrevistada para el estudio, puede realizarse tanto de forma manual como computarizada y solo puede ser editada por el investigador, por lo que el entrevistado no debe maniobrarla, todo ello para capturas los datos sobre la aplicación y uso de medidas socioeducativas del código de responsabilidad penal de adolescentes y la reinserción social, dicho instrumento es dirigido a los actores de dichos procesos jurídicos, actores especialistas en el tema. Tamayo y Tamayo (1998) en cuanto a la observación directa nos dice: “Es en la cual el investigador puede observar y recoger datos mediante su propia observación”.

### **3.7. Procesamiento de la información**

El procesamiento de datos viene a ser en general, la acumulación y también manipulación de elementos de datos para generar información significativa, para esta investigación al procesamiento de datos se le tratará como un subconjunto del proceso de la información y lo trabajaremos mediante softwares y tablas en Excel.

### **3.8. Técnicas y análisis de datos**

El procedimiento para analizar cuantitativamente los datos inicia una vez que los datos se han codificado, transferido a una matriz, guardado en un archivo y limpiado de errores, luego de eso se procederá a analizarlos.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1. Presentación de resultados específicos

##### 4.1.1. Resultados del nivel de servicio de transporte en la carretera panamericana sur

**a.- Características del comportamiento vehicular:** Las características del comportamiento vehicular en la avenida panamericana sur se ha visto afectada por diversos motivos, de los cuales se puede mencionar los siguientes:

**1. Paraderos informales:** Cada esquina viene a ser un paradero informal, esta situación conlleva a que el pasajero busque su comodidad al bajar y si este no es bajado en donde indique genera su malestar. A la vez, debido a que el pasajero puede bajar donde guste, también se recoge pasajeros hasta en mitad de la calle, lo que ocasiona congestión en los vehículos que vienen por detrás. Mencionando así que no existe respeto por las señales de tránsito instaladas en la vía.

**2. La falta de respeto a las normas de tránsito:** Este es un problema muy común que se puede observar, tal es así que se estacionan combis y otros vehículos para llamar pasajeros mientras que existe un letrero que indica paradero prohibido.

**3. Mala ubicación de señales de tránsito:** En una vía altamente transitada como es la avenida panamericana sur, las señalizaciones de paraderos y otros no son respetadas, además de su mala ubicación de cada uno.

**4. Tránsito mixto:** Se podría denominar cuando por una vía se observa la circulación de vehículos particulares, vehículos destinados al transporte público, vehículos de carga, etc. Lo que no permite un flujo adecuado para la movilización del servicio de transporte público.

**b.- Características del sector transporte urbano:** Hoy en día el problema del congestionamiento vehicular se ha vuelto uno de los problemas principales, es por ello que en la tabla 3 se puede ver una comparación del total de la flota operativa de vehículos registrados que brindan el servicio de transporte público entre los años 2014 y 2016. (Cástillo, 2015). Donde la flota vehicular ha ido en incremento en un aproximado del 45% pasando de 7,332 vehículos a 10,578 vehículos en los últimos 3 años.

**Tabla 3 – Registro de vehículos en la MPH .**

<b>RESUMEN – MODALIDAD</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>%</b>	<b>TOTAL</b>
Masivo (coaster)	525	527	527	4.98%	
Camioneta rural (combis)	1828	1859	1859	17.57%	38.54%
Autos colectivos (autos)	1459	1690	1690	15.98%	
Taxis independientes	512	528	447	4.23%	
Taxi empresa	2828	5015	5850	55.30%	59.53%
Carga y descarga	157	232	177	1.67%	1.67%
Servicio escolar	23	34	28	0.26%	0.26%
<b>TOTAL</b>	<b>7332</b>	<b>9885</b>	<b>10578</b>	<b>100%</b>	

**Fuente: MPH, 2016.**

Además, de la tabla anterior se observa que la flota vehicular de taxis empresas se ha duplicado en los últimos 3 años. Los taxis empresas y taxis independientes representan el 59.53% de vehículos registrados.

En la tabla 4 se puede apreciar que la cantidad de empresas que brindan el servicio de taxi también se ha incrementado en un 20%.

**Tabla 4 – Total de empresas de taxis.**

TIPO/AÑO	2014	2016
Taxis	34	41

Fuente: MPH, 2016.

Es así que, de acuerdo a la Municipalidad Provincial de Huancayo (MPH, Informe de Rutas de Transporte Urbano, 2016), existen tres medios de transporte urbano, considerándose: transporte masivo, camioneta rural y autocolectivo:

**1.- Transporte masivo (TM):** También conocido como coaster que transporta hasta 25 pasajeros, como se aprecia en la figura 4.

**Figura 4- Transporte masivo (TM).**



Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 5 se presenta las empresas y rutas destinadas al transporte masivo que se encuentran registradas.

**Tabla 5 – Empresas de transporte masivo.**

<b>EMPRESAS</b>	<b>TIPO</b>	<b>RUTA</b>	<b>FLOTA</b>
E.T. Tambo Azapampa S.A. (ETTAZSA)	TM	TM-01A	32
E.T. Tambo Azapampa S.A. (ETTAZSA)	TM	TM-01B	30
E.T. San Carlos S.A.	TM	TM-04	18
E.T. San Carlos S.A.	TM	TM-05	25
E.T.S.G. Sol de Oro S.A. (ETRANSSOL)	TM	TM-06	25
E.T.S.G. Sol de Oro S.A. (ETRANSSOL)	TM	TM-07	33
E.T.S.M. Alfa S.A.	TM	TM-11	31
E.T.S.M. Alfa S.A.	TM	TM-12	45
E.T.S.M. San Antonio de Padua (ETSA)	TM	TM-14	34
E.T.S.M. San Antonio de Padua (ETSA)	TM	TM-15	27
E.T. Unión Perú S.A.	TM	TM-16	55
E.T. Cochas Chico S.A.	TM	TM-17	46
E.T. San Luis S.R.L.	TM	TM-19	10
E.T. Petra S.R.L.	TM	TM-20	30
E.T. Tercera Dimensión S.A.C.	TM	TM-21	24
Servicios Múltiples Raymundo S.A.C.	TM	TM-E1	11
E.T. San Carlos S.A.	TM	TMN-02	12
E.T. Santiago León S.A.C.	TM	TMS-01	51
<b>TOTAL</b>			<b>527</b>

Fuente: MPH, 2016.

**2.- Camioneta rural (TC):** También conocido como combi que transporta hasta 15 pasajeros, como se aprecia en la figura 5.

**Figura 5- Camioneta rural.**



Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 6 se presenta las empresas y rutas destinadas al transporte de camioneta rural que se encuentran registradas.

**Tabla 6 – Empresas de transporte de camioneta rural.**

<b>EMPRESAS</b>	<b>TIPO</b>	<b>RUTA</b>	<b>FLOTA</b>
Coop. T. Virgen del Carmen Ltda.	TC	TC-01	21
Coop. T. Virgen del Carmen Ltda.	TC	TC-02A	36
Coop. T. Virgen del Carmen Ltda.	TC	TC-02B	36
E.T. Asociación Regional S.A.C.	TC	TC-03	17
E.T. Asociación Regional S.A.C.	TC	TC-04	62
E.T. Saños Grande S.A.	TC	TC-05	67
E.T.S.M. Chasqui y Servicios Múltiples	TC	TC-06	53
E.T. Asociación Regional S.A.C.	TC	TC-07A	66
E.T. Asociación Regional S.A.C.	TC	TC-07B	62
E.S.G.T. Huancayo S.R.L. (EMSERGHT)	TC	TC-09	56
E.T. Huracán S.A.	TC	TC-10	28
E.T. Huracán S.A.	TC	TC-12	36
E.T. El Triunfo S.A.	TC	TC-14	55
E.T. Pio Pata S.A.	TC	TC-15	37
E.T. Pio Pata S.A.	TC	TC-17	35
E.T. El Triunfo S.A.	TC	TC-18	53
E.T. Expreso Chupaca	TC	TC-19	66
E.T. Pio Pata S.A.	TC	TC-20	35
E.T. San Juan de Chupaca	TC	TC-25	62
E.T.S.M. Sr. De los Milagros S.A.	TC	TC-26	34
E.T. Teodoro Peñaloza S.R.L.	TC	TC-27	52
E.T.S.M. Tours Perú S.A.	TC	TC-28	43
E.T. Espíritu Santo S.A.C.	TC	TC-29	44
E.T. Espíritu Santo S.A.C.	TC	TC-30	39
E.T. Sr. Justo Juez S.A.	TC	TC-31	38
E.T. Sr. Justo Juez S.A.	TC	TC-33	52
E.T. Municipal Saño S.A.C.	TC	TC-34	35
E.T. Picaflor S.A.C.	TC	TC-35	35
E.T. Picaflor S.A.C.	TC	TC-38	87
E.T. Pio Pata S.A.	TC	TCE-05	19
E.S.G.T. Huancayo S.R.L. (EMSERGHT)	TC	TCE-06	33
E.T. San Jerónimo	TC	TCE-07A	30
E.S.G.T. Huancayo S.R.L. (EMSERGHT)	TC	TCE-07B	32
E.T. Picaflor S.A.C.	TC	TC-E1	25
E.T.S.M. Chasqui y Servicios Múltiples	TC	TC-E3	25
E.T.S.M. Chasqui y Servicios Múltiples	TC	TC-E4	26
E.T.S.M. Corazón de Jesús	TC	TCN-01	54
E.T.S.M. Corazón de Jesús	TC	TCN-03	74

E.T. 20 de Marzo	TC	TCN-04	46
E.T. Santa Bárbara S.A.	TC	TCN-08	64
E.T. Municipal Quilcas S.A.C.	TC	TCN-13	36
E.T. Municipal Quilcas S.A.C.	TC	TCS-03	29
E.T. Padre Eterno S.A.C.	TC	TCS-04	26
E.T.S.M. Niño Jesús S.A.	TC	TCS-06	22
<b>TOTAL</b>			<b>1690</b>

Fuente: MPH, 2016.

**3.- Auto-colectivo (TA):** También conocido como comité que transporta hasta 4 pasajeros, como se aprecia en la figura 6.

**Figura 6- Auto colectivo.**



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 7 se presenta las empresas y rutas destinadas al transporte de auto-colectivo.

**Tabla 7 – Empresas de transporte de auto-colectivo.**

EMPRESAS	TIPO	RUTA	FLOTA
E.T.S.M. Santa Rosa S.A.	TA	TA-01	75
E.T.S.M. Señor de Muruhuay N°1	TA	TA-03	61
E.T. 22 de Marzo S.A.	TA	TA-04	80
E.T.S.M. Andorinha S.A.	TA	TA-06	61
E.T. Trece S.A.	TA	TA-07	59
E.T.S.M. Santa Rosa S.A.	TA	TA-11	93

E.T.S.M. Santa Rosa S.A.	TA	TA-11A	93
E.T. Auquimarca S.A.	TA	TA-11B	77
E.T. Auquimarca S.A.	TA	TA-12	40
Coop. T. Virgen del Carmen Ltda.	TA	TA-13	38
E.T.S.M. Cinco S.A.	TA	TA-14	75
E.T. 22 de Marzo S.A.	TA	TA-15A	50
E.T. Turismo Cerrito S.A.C.	TA	TA-15B	47
E.T. Señor de los Muruhuay Grupo	TA	TA-16	66
E.T. 22 de Marzo S.A.	TA	TA-17	46
E.T. Jehová Nisse S.R.L.	TA	TA-18	70
E.T.S.M. Cruz de Mayo S.A.	TA	TA-19A	76
E.T.S.M. Cruz de Mayo S.A.	TA	TA-19B	79
E.T. Trece S.A.	TA	TA-24A	56
E.T.S.M. Cinco S.A.	TA	TA-24B	61
E.T.S.M. Cinco S.A.	TA	TA-25	60
E.T.S.M. Turismo Acostambo	TA	TA-26	40
E.T.S.M. Andorinha S.A.	TA	TA-27	20
E.T. Señor de los Milagros 1.13 S.A.	TA	TA-31	59
E.T. 22 de Marzo S.A.	TA	TAE-01	30
E.T.S.M. Andorinha S.A.	TA	TAE-04	44
E.T. 22 de Marzo S.A.	TA	TAE-06	32
E.T.S.M. Andorinha S.A.	TA	TAE-08	25
E.T.S.M. Turismo Acostambo	TA	TA-E1	30
CORPORACION SAN CARLOS	TA	TA-E10	77
E.T.S.M. Andorinha S.A.	TA	TA-E3	30
TOURS PANAMERICANA CENTRAL	TA	TA-E4	25
Heroica Concepción	TA	TA-E7	30
Rossed Ingrid S.A.C.	TA	TA-E8	40
Rossed Ingrid S.A.C.	TA	TA-E8(2)	18
TURISMO SERV. MULTIPLE-SPECIAL	TA	TAT-02	30
LINEA 7 S.A.C.	TA	TAT-03	43
SERVICIOS TRANS. ORCOTUNA	TA	TAT-04	43
E.T. FOURS STAR SRL	TA	TAT-T1	79
<b>TOTAL</b>			<b>1859</b>

Fuente: MPH, 2016.

En la tabla 8 se muestra la distribución de vehículos registrados, datos proporcionados por la Municipalidad Provincial de Huancayo.

**Tabla 8 – Total de empresas, rutas y flota vehicular.**

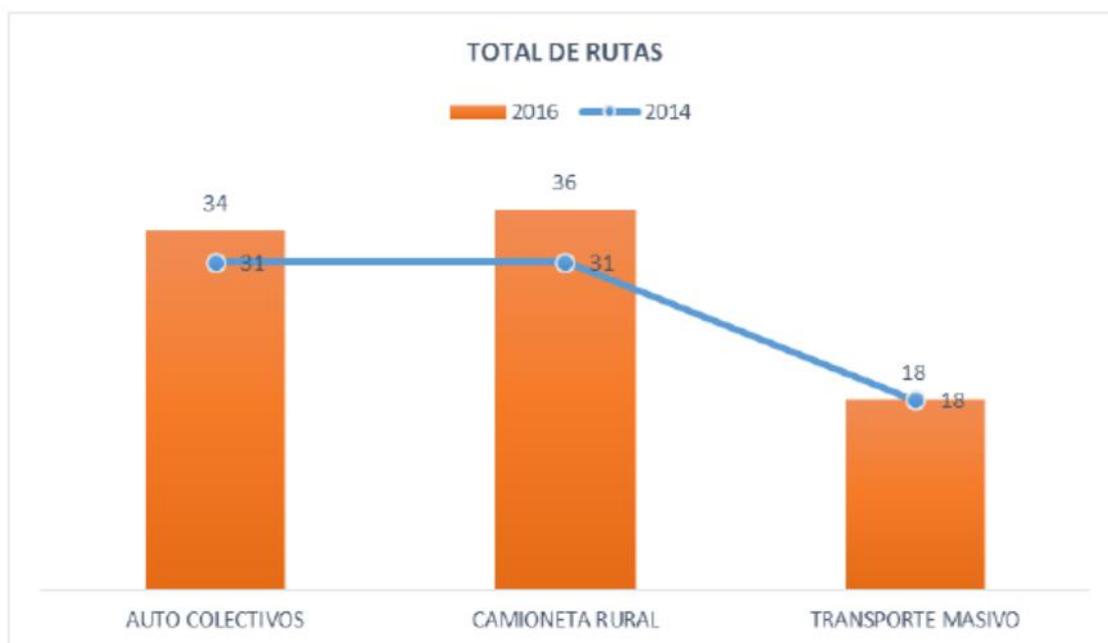
TIPO/AÑO	TOTAL DE EMPRESAS	TOTAL DE RUTAS	FLOTA
----------	-------------------	----------------	-------

	2014	2016	2014	2016	2014	2016	CANTIDAD DE PASAJEROS
Autos colectivos	21	20	31	34	1459	1690	4
Camioneta rural	24	25	31	36	1828	1859	15
Transporte masivo	12	11	18	18	525	527	25
<b>TOTAL</b>	<b>57</b>	<b>56</b>	<b>80</b>	<b>88</b>	<b>3812</b>	<b>4076</b>	

Fuente: Elaboración propia.

De los datos anteriores se puede observar que el número de rutas de transporte público también ha ido en incremento, pero manteniéndose las rutas para transporte masivo como se muestra en la figura 7.

**Figura 7- Total de rutas.**



Fuente: MPH, 2016.

**c.- Características del sector transporte interprovincial:** Las unidades vehiculares que transitan por la avenida panamericana sur con destino hacia otras provincias son: Huancavelica, Pampas, Lircay, Acobamba, Ayacucho, Izcuchaca, Nuevo Occoro, Colcabamba, Moya, Acostambo, Chongos, Paucara, etc.

Figura 8- Principales destinos zona sur.



Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 9 se muestra los principales destinos de las empresas de transporte que salen de Huancayo por la avenida panamericana sur:

**Tabla 9 – Principales destinos de las empresas de transporte que salen de Huancayo.**

	HUANCAVELICA	PAMPAS	LURCAY	ACOBAMBA	AYAUCUCHO	IZCUCHACA	NUOVO OCCORO	COLCABAMBA	MOYA	ACOSTAMBO	CHONGOS	PAUCARA
<b>Empresa de Transporte Buses</b>												
Emp. De Transp. Turismo central	X											
Emp. De transp. Ticllas	X			X		X		X				
Emp. De transp. Artesana Hnos.		X	X	X	X							
Emp. De transp. Libertadores.				X								
Emp. De transp. Sr. De Ataco	X		X		X			X				
Emp. De transp. Molina Unión.	X				X							
Emp. De transp. Warivilca.		X	X	X				X				X
Emp. De transp. Raymundo.	X					X	X					
Emp. De transp. Huari bamba.		X						X				
Emp. De Trans. Yuri	X											
Emp. De Trans. Selva	X		X		X							
<b>Empresa de Transporte Autos</b>												
Emp. De transportes de Automóviles Pampas	X											
Emp. De transporte moya									X			
Emp. De transporte Ayacucho					X							
Emp. De transporte Huancavelica	X					X			X			
Emp. De transporte Acostambo										X		
Emp. De transporte pasos												
Emp. De transportes chongos Alto											X	
Emp. De transporte paucara.												X
<b>TOTAL</b>	<b>9</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>

Fuente: Elaboración propia.

La oferta de transporte interprovincial en la provincia de Huancayo está constituida por empresas de transporte que cuentan con autorización del MTC. Según se aprecia en la siguiente tabla, tenemos 11 empresas de buses con autorización, las mismas que representan un total de 107 buses autorizados para diferentes destinos. Asimismo, se encuentran las empresas de autos de transporte de pasajeros que son 8 empresas con un total estimado de 115 unidades.

**Tabla 10 – Empresas autorizadas por el MTC y que operan en la ciudad de Huancayo.**

<b>EMPRESAS</b>	<b>FLOTA</b>
TURISMO CENTRAL	14
EMP. DE TRANSP. TICLLAS	16
EMP. DE TRANSP. ANTESANA HNOS.	12
EMP. DE TRANSP. TURISMO LIBERTADORES.	10
EMP. DE TRANSP. TURISMO SR. DE ATACO S.A.C	7
EXPRESO MOLINA UNION S.A.C.	13
EMP. DE TRANSP. WARIVILCA.	10
AGENCIA DE TRANSPORTES Y SERVICIOS RAYMUNDO E.I.R.L	6
EMP. DE TRANSP. EXPRESO HUARIMBAMBA	7
EMP. DE TRANSP. YURI	7
EMP. DE TRANSP. SELVA TOURS	5
<b>TOTAL</b>	<b>107</b>
EMP. DE TRANSPORTES DE AUTOMÓVILES PAMPAS	18
EMP. DE TRANSPORTE MOYA	16
EMP. DE TRANSPORTE AYACUCHO	15
EMP. DE TRANSPORTE HUANCAVELICA	17
EMP. DE TRANSPORTE ACOSTAMBO	12
EMP. DE TRANSPORTE PASOS	10
EMP. DE TRANSPORTES CHONGOS ALTO	15
EMP. DE TRANSPORTE PAUCARA	12
<b>TOTAL</b>	<b>115</b>

Fuente: MTC.

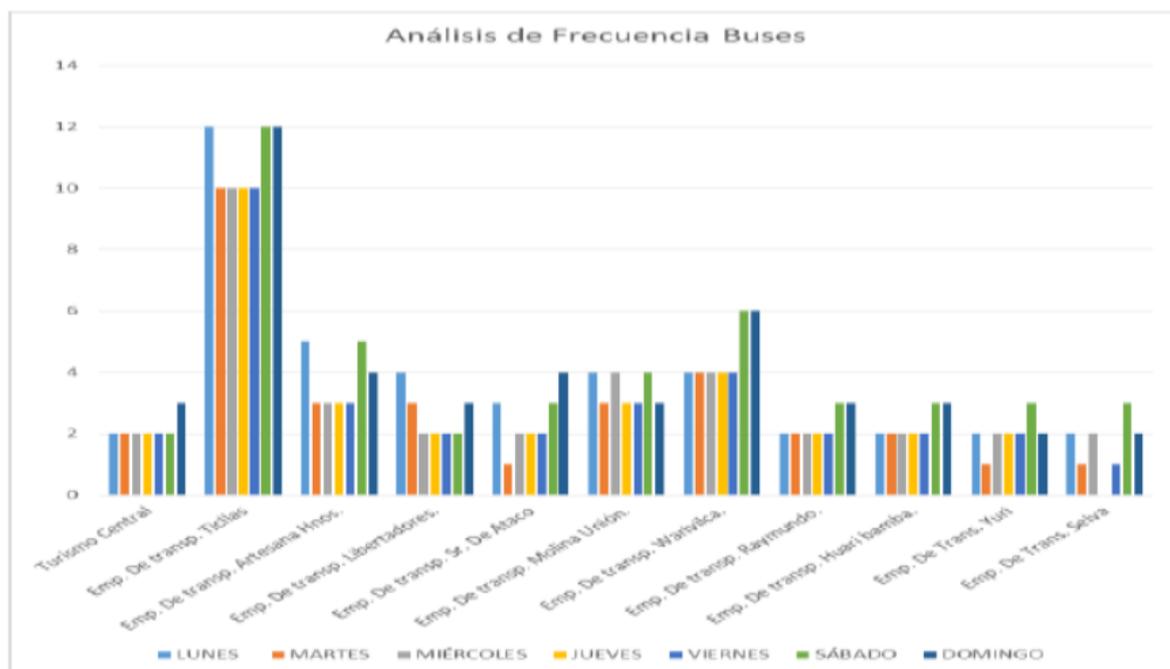
En cuanto al volumen de servicio diario que ofrece cada empresa, partiendo de Huancayo hacia diferentes destinos. Mediante esta información calcularemos el flujo de vehículos que operan durante una semana, lo que sirve de punto para estimar el volumen de pasajeros que hacen uso de este modo de transporte por la zona sur.

**Tabla 11 – Volumen del servicio de las empresas autorizadas por el MTC.**

	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
<b>Empresa de Transporte Buses</b>							
TURISMO CENTRAL	2	2	2	2	2	2	3
EMP. DE TRANSP. TICLLAS	12	10	10	10	10	12	12
EMP. DE TRANSP. ANTESANA HNOS.	5	3	3	3	3	5	4
EMP. DE TRANSP. TURISMO LIBERTADORES.	4	3	2	1	2	2	3
EMP. DE TRANSP. TURISMO SR. DE ATACO S.A.C	3	1	2	1	2	3	4
EXPRESO MOLINA UNION S.A.C.	4	3	4	3	3	4	3
EMP. DE TRANSP. WARIVILCA.	4	4	4	4	4	6	6
AGENCIA DE TRANSPORTES Y SERVICIOS RAYMUNDO E.I.R.L	2	2	2	2	2	3	3
EMP. DE TRANSP. EXPRESO HUARIMBAMBA	2	2	2	2	2	3	3
EMP. DE TRANS. YURI	2	1	2	2	2	3	2
EMP. DE TRANS. SELVA TOURS	2	1	2	2	1	3	2
<b>Empresa de Transporte Autos</b>							
EMP. DE TRANSPORTES DE AUTOMÓVILES PAMPAS	11	12	14	9	10	11	13
EMP. DE TRANSPORTE MOYA	9	8	7	8	9	9	10
EMP. DE TRANSPORTE AYACUCHO	7	6	8	9	7	8	11
EMP. DE TRANSPORTE HUANCAVELICA	10	6	9	8	10	9	12
EMP. DE TRANSPORTE ACOSTAMBO	6	7	5	7	6	8	9
EMP. DE TRANSPORTE PASOS	8	4	6	6	8	7	10
EMP. DE TRANSPORTES CHONGOS ALTO	9	4	7	5	6	9	11
EMP. DE TRANSPORTE PAUCARA.	8	5	4	5	4	6	8

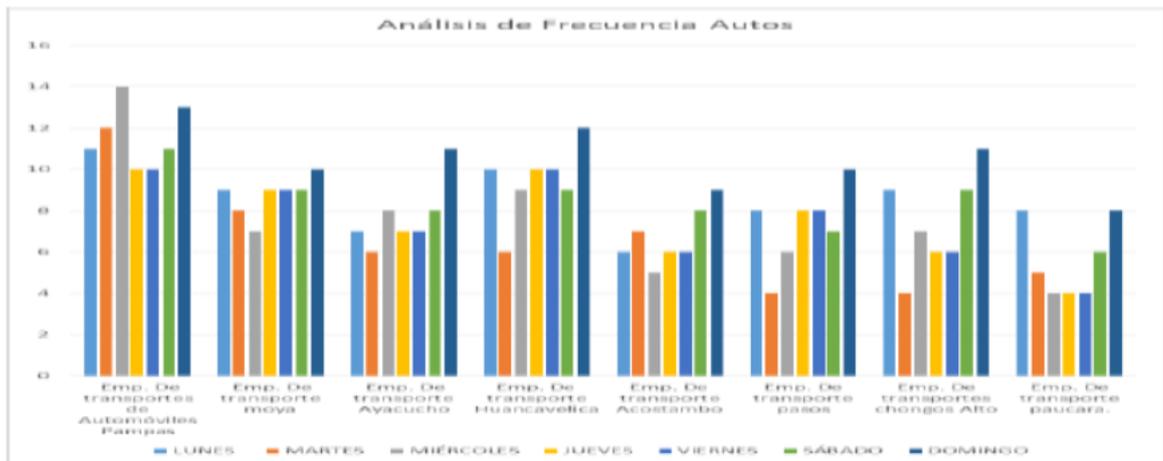
Fuente: MTC.

**Figura 9- Análisis de frecuencia de buses.**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 10- Análisis de frecuencia de autos.**



Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.2. Resultados de la variación del tránsito vehicular de la carretera panamericana sur

**a.- Situación actual de la vía:** Actualmente este tramo de la avenida panamericana sur tiene una sección desde 20 a 20.90m, se encuentra en buen estado, el mismo que cuenta con una superficie de rodadura a nivel de asfaltado de 10cm, esta vía recibe el mantenimiento respectivo.

En términos generales se puede indicar que el tránsito de vehículos no se torna dificultoso, así mismo esta avenida cuenta con cunetas y obras de arte.

**b- Estudio de trafico:** El conteo volumétrico se efectuó durante 7 días consecutivos. Luego de la consolidación y consistencia de la información recogida de los conteos, se obtuvo los resultados de los volúmenes de tráfico en la vía, por día, tipo de vehículo, por sentido, y el consolidado de ambos sentidos.

Para el análisis de la composición de los vehículos, se clasificaron en vehículos ligeros (station, camionetas, combi) y vehículos pesados (camiones de 2 ejes, 3 ejes y otros).

En la tabla siguiente se presenta el resumen con los recuentos de tráfico y la clasificación diaria por sentido y el total en ambos sentidos. Los resultados están expresados en cifras absolutas y el total en ambos sentidos.

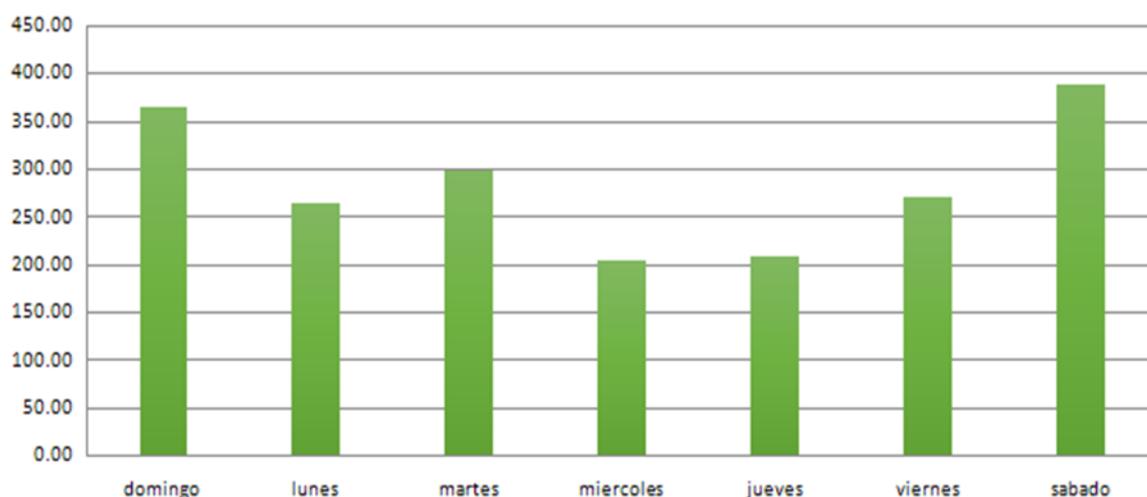
**Tabla 12 – Resumen de aforo del tráfico.**

I. RESUMEN DE AFORO DEL TRÁFICO									
Medio de Transporte	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Total	%
<b>Vehículos Ligeros (V.L.)</b>									
Automóviles	234	161	190	143	126	170	231	1,255	63%
Camionetas	65	65	66	26	45	49	65	381	19%
Micros	5	2	2	2	2	2	2	17	1%
<b>Total de V.L.</b>	<b>304.00</b>	<b>228.00</b>	<b>258.00</b>	<b>171.00</b>	<b>173.00</b>	<b>221.00</b>	<b>298.00</b>	<b>1,653.00</b>	<b>83%</b>
<b>Vehículos Pesados (V.P.)</b>									
Omnibus 2 Ejes	2.00	1.00	-	1.00	1.00	-	1.00	6.00	0%
Omnibus 3 Ejes	-	-	1.00	-	-	-	-	1.00	0%
Camión 2 Ejes	39.00	21.00	24.00	19.00	17.00	25.00	26.00	171.00	9%
Camión 3 Ejes	1.00	13.00	11.00	12.00	18.00	23.00	29.00	107.00	5%
Camión 4 Ejes	1.00	1.00	4.00	1.00	-	1.00	7.00	15.00	1%
Semi tráiler 2S1/2S2	-	-	-	-	-	-	-	-	0%
Semi tráiler 2S3	-	-	1.00	-	-	-	1.00	1.00	0%
Tráiler >=3T3	-	-	-	-	-	-	27.00	27.00	1%
<b>Total de V.P.</b>	<b>43.00</b>	<b>36.00</b>	<b>41.00</b>	<b>33.00</b>	<b>36.00</b>	<b>49.00</b>	<b>91.00</b>	<b>328.00</b>	<b>0.17</b>
<b>Total de Vehículos</b>	<b>347.00</b>	<b>264.00</b>	<b>299.00</b>	<b>204.00</b>	<b>209.00</b>	<b>270.00</b>	<b>389.00</b>	<b>1,981.00</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Variación horaria y diaria (día pico):** El día pico es aquel que registra el mayor volumen de tránsito, durante la semana de conteo, para lo cual a continuación mostramos las ilustraciones que contienen el mayor volumen de tráfico que se presentó durante la semana de conteo en cada estación establecida.

**Tabla 13 – Variación diaria veh/día.**



Fuente: Elaboración propia.

#### **4.1.3. Resultados de los beneficios de los sistemas inteligentes de transporte:**

**a.- Proceso de desarrollo de los sistemas ITS:** El Perú ha experimentado un tardío desarrollo de los sistemas ITS en las diferentes áreas de actuación, habiéndose llevado a cabo proyectos de implementación de sistemas de gestión de tránsito urbano relativos a sensorización, semaforización y monitoreo de vías principales. Como sucede en otros países, en su mayor parte, los ITS en Perú han sido implementados en forma local o por dependencias o autoridades individuales y no ha sido de forma integrada con otros sistemas. Cada uno de los sistemas es implementado, con base en las necesidades técnicas u operacionales de una región o dependencia/autoridad específica.

Con el despliegue de las nuevas infraestructuras de transporte colectivo (metro y BRT), se han desplegado en los últimos años sistemas de ticketing y ayuda a la explotación de estos medios de transporte.

Asimismo, de la mano de las empresas concesionarias, vías de alta capacidad del país han sido equipadas con sistemas ITS,

orientados a la gestión y explotación de las vías, habiéndose apostado también por sistemas de pago del peaje.

La tardía implementación de sistemas ITS permite contar con elementos tecnológicamente desarrollados, si bien como se ha indicado, la situación de explotación y operación de los mismos, se caracteriza por una deficiencia en integración e interoperabilidad de los mismos.

#### **b.- Campos de actuación de los ITS:**

**1.- Ciudad de Lima:** La necesidad de implementar sistemas inteligentes de transporte en la ciudad de Lima viene de hace varios años atrás, como consecuencia del crecimiento del parque automotor y casi saturación de las vías. Hacia el 2004, Lima contaba con 107 intersecciones semaforizadas bajo el sistema sincronizado en el área central (Centro de Lima) y con 514 intersecciones semaforizadas independientes fuera de ésta; es decir, no existía un sistema de transporte integrado que permita mejorar los niveles de servicios de las vías.

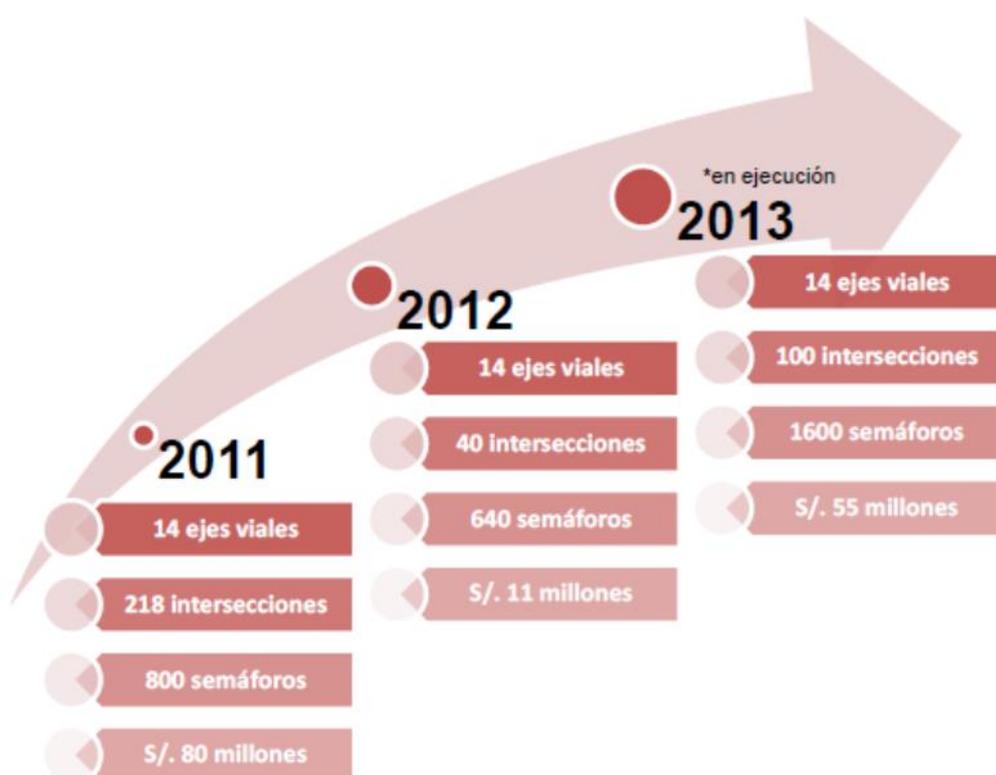
Los métodos de control y evaluación de las condiciones de transitabilidad en diversas zonas de la ciudad estaban determinados por observaciones visuales realizadas por la policía de tránsito y/o información recibida por medio de transceptores. Queda claro que este método resultaba ineficiente, debido a la falta de sincronización que podría generarse en las intersecciones y, por lo tanto, era necesario y urgente el mejoramiento técnico del sistema existente. A este problema, se suma la falta de mantenimiento de la infraestructura de tráfico y su grado de obsolescencia.

La necesidad de sistemas inteligentes de transporte para una ciudad en desarrollo como Lima se volvió imprescindible. No obstante, en general, la implementación de los sistemas ITS ha encontrado dificultades como altos costos en la construcción y la

falta de integración en la infraestructura vial. Particularmente, en Lima, se han evitado estos problemas diseñándose ITS asociadas al Metropolitano y al Tren Urbano, puesto que su infraestructura no compite con otros modos de transporte.

Entre los años 2011 y 2013 se han ido implementando e integrando un sistema de semaforización electrónica en avenidas importantes de Lima Metropolitana.

**Figura 11- Evolución en la Gestión del Tránsito en la Ciudad de Lima.**



Fuente: Plan maestro de sistemas inteligentes de transporte (ITS) de Perú.

De la misma manera, se han venido instalando 511 cámaras de video detección o sensores ópticos que proveen información de los flujos vehiculares, 12 cámaras de video vigilancia, luces LED, contadores electrónicos y un controlador de tránsito. A este avance, se debe agregar la implementación, en el año 2011, de una Central de Control de Tránsito que permite mejorar los niveles de tiempo de servicio y la seguridad en las en las vías adoptando el plan adecuado en las intersecciones con un mayor tráfico.

Se debe agregar que la implementación de los sistemas inteligentes de transporte ha estado determinada también por iniciativas privadas, bajo la modalidad de Asociaciones Público Privadas; de esta manera, se produce una mejora en la eficiencia y productividad en el uso de la infraestructura de transporte. La creación de nuevos sistemas integrados de transporte ha permitido, a su vez, distribuir la demanda más equitativamente sobre la capacidad de las vías de transporte, un ejemplo de ello es el Metropolitano y el Metro de Lima expuestos con anterioridad.

Una de las vías concesionadas en la ciudad de Lima es Vía Parque Rímac, correspondiente a una concesión autosostenible otorgada por la Municipalidad de Lima (MML) en el año 2009 para el diseño, financiamiento, construcción, operación y mantenimiento de 25 kilómetros de vías, divididos en 2 secciones. Este proyecto tiene implementada una Central de Control de Operaciones (CCO), en donde se monitorea las cámaras de video vigilancia instaladas y los servicios que el Proyecto proporcionan en la vía: ambulancias, grúas livianas y pesadas, inspección y señalización vial y mantenimiento permanente de la vía (de la sección uno que ya se viene rehabilitando).

**2.- Red Vial Concesionada:** En lo que respecta a redes viales nacionales concesionadas, se han ido implementando sistemas inteligentes de transportes para una mejora en los niveles de servicio, permitiendo flujos vehiculares más ágiles. En el 2008, CoviPerú, concesionaria de la Red Vial N°6, que comprende los tramos: Puente Pucusana – Cerro Azul – Ica, fue el primero en implementar sistemas inteligentes para el cobro de peajes, a través del Telepass. Este sistema de telepeaje implementado en el peaje de Chilca, permite a los usuarios no parar en la estación de peaje para realizar el pago. Cada vez que el usuario transita por las vías de Telepass, la antena lectora se encarga de detectar el sticker tag, que está adherido al parabrisas del vehículo. Inmediatamente

después, se procede a descontar del saldo disponible, en la cuenta de Telepass del usuario, el importe correspondiente al pago de Peaje.

Asimismo, como medida para brindar seguridad en la vía, algunas concesionarias han implementado sistemas de comunicación para emergencia, como, por ejemplo, los postes SOS que están ubicados cada cierta distancia y conectados a una Central Telefónica. Algunas de las redes viales en las que se ha implementado este sistema son las IIRSAs, Red Vial N°4, Autopista del Sol, entre otros.

**Figura 12- Sistemas de Comunicación SOS.**



Fuente: Coviperú.

**c.- Normativa específica sobre ITS:** En Perú no existe un marco normativo sobre las ITS, lo que no significa sin embargo que exista una carencia absoluta de normas vinculadas al uso de tecnologías que permitan el control telemático de diferentes aspectos vinculados al transporte.

A continuación, se indican las normas que tienen alguna referencia al uso de ITS en el transporte:

- ✓ Reglamento Nacional de Transporte (Decreto Supremo N° 017-2009-MTC). Esta norma hace obligatorio el uso de dispositivos electrónicos para el registro de velocidades y algunos otros detalles (dispositivo registrador), de una alarma que impide el desarrollo de velocidades superiores a las legalmente permitidas (llamado “limitador de velocidad”, de dispositivos que permitan conocer a la autoridad la ubicación en ruta y velocidad de los vehículos y con equipos de comunicación que le permitan interconectarse con la central de la empresa a que pertenece el vehículo. Cabe señalar que dichos dispositivos sólo son de aplicación obligatoria en determinados tipos de vehículos dedicados a ciertos tipos de transporte, no siendo de aplicación general a todos los vehículos.
- ✓ Texto único del Reglamento Nacional de Tránsito (Decreto Supremo N° 016-2009-MTC), que establece la posibilidad de utilizar mecanismos electrónicos para la detección y sanción de infracciones.
- ✓ Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras (Resolución Ministerial N° 210-2010-MTC/15.10).- Este Manual constituye un desarrollo del Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura, el cual a su vez es uno de los reglamentos nacionales que la Ley General de Transporte y Tránsito Terrestre ordena dictar al MTC. Aunque este manual, en general, se refiere a las formas y características de la señalización física (carteles, indicativos en carreteras; etc.), su capítulo 5 sobre semáforos contiene una pequeña sección donde describe el funcionamiento de semáforos accionados por el tránsito, incluyendo una descripción de algunos tipos de detectores tales como de

presión, magnéticos y de radar, o ópticos, acústicos, de rayos infrarrojos, ultrasónicos y neumáticos.

- ✓ Reglamento Nacional del Sistema Eléctrico de Transporte de pasajeros en Vías Férreas que formen parte del Sistema Ferroviario Nacional (Decreto Supremo N° 039-2010-MTC).- Esta norma incluye una serie de disposiciones orientadas al manejo automático (independiente de la actividad humana) de los sistemas de transporte masivo, incluyendo aspectos tales como un sistema de Operación Automática de Trenes (ATO), Sistema de Protección Automática de Trenes para el control automático de velocidades y otras restricciones (ATP) entre otros.

**d.- Principales problemáticas con ITS:** Los principales problemas identificados por los agentes en relación con el desarrollo e implementación de los sistemas ITS en el Perú se corresponden con:

- ✓ Falta de interoperabilidad e integración en el transporte colectivo: Los dos servicios de transporte colectivo (masivo) usados en el área metropolitana de Lima carecen de integración tanto a nivel técnico como tarifario. Los actores reseñan que esta situación frena la interconexión de los usuarios entre el servicio de BRT (Metropolitano) con el Metro de Lima.
- ✓ Falta de interoperabilidad de los peajes: A nivel nacional, se vienen implementando sistemas de peaje no tradicionales como el telepeaje sin los requerimientos mínimos definidos por parte de un ente regulador que trate de conducir a la interoperabilidad.
- ✓ Falta de integración entre los centros de gestión ante ocurrencia de accidentes en la vía: Este problema imposibilita la respuesta inmediata y la falta de coordinación para reducir el

impacto del incidente, como la duración y las demoras derivadas del mismo.

- ✓ Falta de marco normativo sobre los sistemas ITS: Los agentes valoran positivamente la tendencia nacional a fomentar el desarrollo tecnológico, si bien identifican una falta de normatividad funcional ajustada a la realidad del Perú y a las necesidades de cada infraestructura.
- ✓ Falta de liderazgo en el desarrollo de los sistemas ITS: los actores requieren la presencia de una figura de referencia a nivel nacional para la definición e implementación de los sistemas ITS, a fin de impulsar y ordenar el despliegue de los ITS en los diferentes ámbitos de aplicación.
- ✓ Deficiente fiscalización electrónica de velocidades en las vías urbanas.
- ✓ Falta de infraestructura de comunicaciones: entre los agentes se identifica una falta de puesta en valor de las infraestructuras de comunicaciones como base para el despliegue y operación satisfactoria de los sistemas ITS en carretera y entorno urbano.
- ✓ Carencia de instituciones u organismos relacionados con la investigación en ITS.

## CAPÍTULO V

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 5.1. Discusión de resultados específicos

Ositran señala que la red vial 6 es una de las pioneras en el tema de telepeaje. Norvial también ha implementado sistemas ITS, sobretodo en el sistema de cobro. Después no hay más implementación, debido a que el contrato de concesión no exige este tipo de especificaciones. El entrevistado sostiene que el implementar un sistema ITS redundaría más en la gestión propia del concesionario que trata de abaratar sus costos operativos. Entonces, OSITRAN no interviene en este tema, en la medida que no redunde a la tarifa final.

Respecto a sistemas ITS en pesajes y medidas, SUTRAN manifiesta su necesidad de implementar sistemas inteligentes para controlar el pesaje. Un ejemplo de ello es la colocación de pisos eléctricos en las pistas. De esta manera, se podría saber si el vehículo excede el límite permitido, antes que llegue a la misma estación. Para esto, piden apoyo de la normativa, ya que existe una norma del MTC para detectar el peso de vehículos de categoría M3 Clase III, mediante un sistema tecnológico; sin embargo, hasta el momento está para una prueba piloto.

En la actualidad, la Universidad Nacional de Ingeniería es la única institución educativa, cuyos alumnos ven temas de ITS. Hay 6 tesis que están haciendo temas de ITS.

- ✓ Uno de ellos se está enfocando en todo lo que es sistema de gestión de la información, enfocándose principalmente, vía web. Se ha orientado a la recopilación vía web en las rutas turísticas en Huancayo. Específicamente, está trabajando en la web. Tiene un inventario de las rutas nacionales, su estado, situación, sistema de transporte, información; todo lo que le sirva al viajero que es lo que, actualmente, no se tiene. El tesis ya tiene un inventario vial, incluso va hacer una actualización de la información que ha levantado vía GPS. Esta

información va a ser plasmada en su página, y esto se tiene que al final complementar con el desarrollo de las tecnologías que estén en las líneas de política del Ministerio.

- ✓ Una segunda tesis consiste en plantear una tecnología para elegir el sistema de transporte más apropiado para las ciudades medianas urbanas con ciertas características similares. El alumno ya ha desarrollado los planteamientos, las características de estas ciudades, etc. Lo que tendrá que hacer el alumno es un diagnóstico con distintos indicadores como precio y desarrollo. Tendrá que hacer una evaluación de dos o tres ciudades.
- ✓ Una tercera tesis en proceso de investigación está relacionada con el sistema adaptativo para el control del tráfico. Lo que se quiere determinar para el caso de estudio, que es la ciudad de Huancayo, cuan beneficioso será este sistema adaptativo y cómo se va a desarrollar.
- ✓ Una cuarta tesis consiste en la tarificación vial para los congestionamientos en áreas del centro. Involucra temas de ITS porque normalmente, estos temas de tarificación se dan por tarifas en la congestión. Si el usuario llega al centro de ciudad y como hay congestionamiento se aplica, de alguna u otra forma una tarifa, por estar en la hora punta llevando con su vehículo. El objetivo es desalentar el uso de transporte en esa área, específicamente, urbana.
- ✓ Una quinta tesis está relacionada con la seguridad vial que deberá contemplarse en cierto tramo de la carretera a Huancayo, zona que se caracteriza por el gran número de accidentes. La tesis está enfocada a qué tecnología (elementos ITS) se deberá utilizar para reducir la accidentabilidad.
- ✓ Otra tesis tiene que ver con gestión de tránsito y centrales de control de tránsito.

De los beneficios del sistema inteligente de transporte, a continuación, se muestran las principales:

- ✓ La implementación de un sistema de transporte inteligente tiene que estar acompañada de una normativa que lo respalde.
- ✓ Es necesaria la definición de un ente regulador que, entre otros, asegure la interoperabilidad entre los sistemas ITS.
- ✓ El diseño de los sistemas debe considerar las competencias de los tres niveles de gobierno.
- ✓ Para lograr un funcionamiento eficiente de los sistemas ITS, se requiere de una sinergia entre el sector privado y el sector público.
- ✓ A nivel nacional se han iniciado importantes proyectos que incluyen la implementación de sistemas ITS, por lo que existe interés en disponer de un marco regulador en el menor plazo posible.
- ✓ Se tiene disposición en implementar sistemas ITS para la mejora del servicio al usuario, así como para la optimización de los procesos de operación y explotación en los diferentes ámbitos.

En la situación actual de los sistemas ITS en el Perú, existente importantes retos a cumplir en términos de tráfico y transporte:

- ✓ Mejora de la seguridad vial y reducción del número de accidentes
- ✓ Mejora de las infraestructuras de transporte
- ✓ Mejora de la fluidez en las vías
- ✓ Modernización del parque vehicular
- ✓ Integración e interoperabilidad de los sistemas ITS
- ✓ Intercambio de información entre agentes involucrados
- ✓ Formalización de las empresas de transporte colectivo
- ✓ Despliegue armonizado de sistemas ITS
- ✓ Integración multimodal

## CONCLUSIONES

- A. Actualmente la avenida panamericana sur tiene una sección desde 20 a 20.90m, se encuentra en buen estado, el mismo que cuenta con una superficie de rodadura a nivel de asfaltado de 10cm, esta vía recibe el mantenimiento respectivo, así mismo esta avenida cuenta con cunetas y obras de arte. En términos generales se indica que el tránsito de vehículos no se torna dificultoso.
- B. Hoy en día el problema del congestionamiento vehicular se ha vuelto uno de los problemas principales, se puede ver una comparación del total de la flota operativa de vehículos registrados que brindan el servicio de transporte público entre los años 2014 y 2016. (Cástillo, 2015). Donde la flota vehicular ha ido en incremento en un aproximado del 45% pasando de 7,332 vehículos a 10,578 vehículos en los últimos 3 años. La oferta de transporte interprovincial en la provincia de Huancayo está constituida por empresas de transporte que cuentan con autorización del MTC. Según se aprecia en la siguiente tabla, tenemos 11 empresas de buses con autorización, las mismas que representan un total de 107 buses autorizados para diferentes destinos. Asimismo, se encuentran las empresas de autos de transporte de pasajeros que son 8 empresas con un total estimado de 115 unidades.
- C. Estos nuevos servicios ITS aprovechan oportunidades que surgen de la situación actual de cada ciudad: a) maximizar la transferencia de pasajeros de autos y taxis a tren Urbano, b) maximizar la productividad de las vías de transporte por tipo y tamaño de vehículo, c) facilitar que el transporte público se pueda adecuar a la demanda de pasajeros de/hacia estaciones de tren urbano sin necesidad de eliminar empleos, y d) aprovechar la gran cantidad de taxistas que podrían actuar en los accesos a estaciones de tren urbano en vez de congestionar las vías en las horas punta.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda elaborar la ingeniería básica de los servicios ITS, con especial énfasis en seleccionar las tecnologías adecuadas de sensores de tráfico vehicular, de las capacidades y funciones y de transmisión de datos a usuarios.
2. Se recomienda calcular el mercado potencial de los usuarios de los ocho servicios ITS de tal manera de verificar la cantidad de usuarios de auto y taxi que tengan origen y destino sobre el área de influencia del tren urbano, así como el nivel de congestión y su efecto sobre los usuarios.
3. Se recomienda calcular los beneficios alcanzables por los nuevos servicios SIT en sus efectos sobre la contaminación y la congestión de vehicular.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1.- Aguirre, S., (2018). Diagnóstico del aporte de nuevos Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) en georreferenciación dinámica para la planificación del tránsito y transporte para la ciudad de Bogotá D.C. (Tesis de posgrado). Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito; Bogotá, Colombia.
- 2.- Alcántara, V. (2013). Metodología para minimizar las deficiencias de diseño basada en la construcción virtual BIM. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- 3.- Alejos, M. y Cáceres, V., (2016). Alternativas para la transitabilidad al anexo Huacacorrall del distrito de Guadalupe – Virú – la libertad. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Santa; Chimbote, Perú.
- 4.- Beltrán, C., (2013). Las condiciones de las vías centrales de la parroquia el Rosario, Cantón Pelileo, provincia de Tungurahua y su incidencia en la calidad de vida de sus moradores. (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato; Ambato, Ecuador.
- 5.- Cerquera, F., (2007). Capacidad Y Niveles De Servicio De La Infraestructura Vial. (Auto estudio). Universidad Pedagógica Y Tecnológica De Colombia; Tunja, Colombia.
- 6.- Cuenca, P., (2014). Análisis de la capacidad y nivel de servicio aplicando metodología de HCM en la vía Loja-Zamora. (Tesis de pre grado). Universidad Técnica Particular De Loja; Loja, Ecuador.
- 7.- Del Águila, R., (2017). Propuesta de implementación de un sistema inteligente de transporte para la mejora de las condiciones viales en el tramo de la Panamericana Norte entre av. los Alisos y av. Abancay. (Tesis de pregrado). Universidad Peruana De Ciencias Aplicadas; Lima, Perú.
- 8.- Escobedo, R. y Estela, J., (2019). Propuesta de mejoramiento de los niveles de servicio en la intersección de las avenidas primavera y Velasco Astete mediante la aplicación de tecnologías basadas en el uso de Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS). (Tesis de pregrado). Universidad Peruana De Ciencias Aplicadas; Lima, Perú.

- 9.- Flores, E., (2018). Impacto de los Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) en la gestión de empresas de transporte urbano en la ciudad de Puno. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano; Puno, Perú.
- 10.- Gallo, A. y Castillo, G., (2018). Análisis de las condiciones de seguridad vial ligadas a temas de infraestructura en las vías rápidas de Bogotá. (Tesis de pregrado). Universidad Católica de Colombia; Bogotá, Colombia.
- 11.- Gómez, F., (2018). Revisión sistemática de Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) a través de internet de las cosas (IOT) para problemas de transporte terrestre de pasajeros. (Tesis de pregrado). Universidad Católica de Colombia; Bogotá, Colombia.
- 12.- Hernández, E., (2013). Sistemas inteligentes de transporte (SIT): Principios de Evaluación de Proyectos para Sistemas Integrados de Transporte Urbano con Autobuses de Rápido Tránsito (SITUART) y de Valuación de sus Empresas Concesionarias. (Tesis de posgrado). Universidad Nacional Autónoma de México; Distrito Federal, México.
- 13.- Hernández, P., (2014). Sistemas inteligentes de transporte: situación actual y prospectiva. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Autónoma de México; México D.F., México.
- 14.- Hidalgo, J., (2006). Evaluación del sistema de gestión de pavimentos flexibles en el Perú. (Tesis de pregrado). Universidad Peruana De Ciencias Aplicadas; Lima Perú.
- 15.- Huaytani, F., Monti, M. y Bartra, P., (2015). Propuesta de implementación de inteligencia de negocios del modelo ITS (Sistema Inteligente de Transporte). (Tesis de posgrado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas; Lima, Perú.
- 16.- Kipp & Zonen B.V. (2008). La condición de las carreteras. (Kipp & Zonen B.V.) Estados Unidos. Recuperado de [https://www.kippzonen.es/News/399/La-condicion-de-las-carreteras#.Xk\\_4P\\_IKj4Y](https://www.kippzonen.es/News/399/La-condicion-de-las-carreteras#.Xk_4P_IKj4Y).
- 17.- Landau, D., (2008). Sistemas inteligentes de transporte: conteo e identificación de pasajeros mediante identificación por radiofrecuencia. (Tesis de posgrado). Pontificia Universidad Católica De Chile; Santiago, Chile.

- 18.- Lapa, (2017). Análisis vial en intersecciones a desnivel con micro simulación y Sistema Inteligente de Transporte, aplicado a la intersección Av. Ejército con av. Ramón Castilla, sustentada en Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga; Ayacucho, Perú.
- 19.- Leiva, J., (2003). Análisis De Accidentes Viales Aplicando La Ingeniería De Tránsito. (Tesis de pregrado). Universidad San Carlos de Guatemala; Guatemala, Guatemala.
- 20.- Margarito, J., (2006). Diseño de una red de comunicaciones para la implementación de un Sistema de Transporte Inteligente en el centro histórico de Lima. (Tesis de pregrado). Universidad Católica Del Perú; Lima, Perú.
- 21.- Narváez, V., (2012). Impacto del mejoramiento de la vía el rosal - simón bolívar en la calidad de vida de los habitantes del sector el rosal, Provincia de Pastaza. (Tesis de pre grado). Universidad Técnica de Ambato; Ambato, Ecuador.
- 22.- Ochoa, L., (2015). Arquitectura de un sistema inteligente de transportación (ITS) que permita mejorar la operación y seguridad del transporte terrestre de Ecuador. (Tesis de pregrado). Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador.
- 23.- Panesso, J., (2012). Caracterización de la dinámica longitudinal de un vehículo para diferentes condiciones viales colombianas. (Tesis de pregrado). Universidad de los Andes; Bogotá D.C., Colombia.
- 24.- Peláez, A., (2016). Modelo de cuantificación económica para implementación de Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) en Medellín. (Tesis de posgrado). Universidad Nacional de Colombia; Medellín, Colombia.
- 25.- Rodríguez, R., (2011). Modelo de Gestión de Conservación Vial para reducir los costos de Mantenimiento Vial y Operación Vehicular en los Caminos Rurales de las Poblaciones de Riobamba, San Luis, Punín, Flores, Cebadas de la Provincia de Chimborazo. (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato; Ambato, Ecuador.
- 26.- Silva, L., (2014). Estudio de las condiciones viales del barrio ciudadela del chofer III etapa del cantón Pastaza, provincia de Pastaza y su incidencia

en la calidad de vida de sus habitantes. (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato; Ambato, Ecuador.

## **ANEXOS**

ANEXO 01 – Matriz de Consistencia

ANEXO 02 – Panel Fotográfico

## Anexo 01: Matriz de consistencia

### TÍTULO: “Sistema Inteligente de Transporte en las Condiciones Viales Existentes de la Carretera Panamericana Sur”

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<b>PROBLEMA GENERAL:</b>	<b>OBJETIVO GENERAL:</b>	<b>HIPÓTESIS GENERAL:</b>		
¿Cuál es el resultado del análisis de la implementación de un sistema inteligente de transporte en las condiciones viales existentes de la carretera Panamericana Sur – Huancayo, en el año 2020?	Determinar los resultados del análisis de la implementación de un sistema inteligente de transporte en las condiciones viales existentes de la carretera Panamericana Sur – Huancayo, en el año 2020.	El sistema inteligente de transporte favorece significativamente en las condiciones viales existentes de la carretera Panamericana Sur – Huancayo, en el año 2020.	<b>Variable Independiente</b> Sistema Inteligente de Transporte.  <b>Variable dependiente:</b> Condiciones viales existentes.	<b>ENFOQUE DE INVESTIGACION</b> Enfoque Mixto (Cualitativo y cuantitativo). <b>MÉTODO GENERAL</b> El método general de la investigación será el método científico.
<b>Problemas Específicos:</b>	<b>Objetivos Específicos:</b>	<b>Hipótesis Especificas</b>		
¿Cuál es el nivel de servicio de transporte en la carretera Panamericana Sur – Huancayo, en el año 2020?	Determinar el nivel de servicio de transporte en la carretera Panamericana Sur – Huancayo, en el año 2020.	El nivel de servicio de transporte en la carretera Panamericana Sur – Huancayo es deficiente en el año 2020, el cual requiere un sistema inteligente de transporte.	<b>POBLACION MUESTRA</b> La población fueron la población fueron las carreteras de la Provincia de Huancayo, departamento de Junín. La muestra estará conformada por la carretera Panamericana Sur, tramo Chilca al distrito de Cullhuas, de la Provincia de Huancayo, departamento de Junín.	<b>TIPO DE INVESTIGACIÓN</b> De acuerdo a los propósitos de la investigación y a la naturaleza de los problemas planteados, la presente investigación es la aplicada y/o tecnológica.
¿Cuál es el comportamiento del tránsito vehicular que presenta la carretera Panamericana Sur – Huancayo, en el año 2020?	Determinar el comportamiento del tránsito vehicular de la carretera Panamericana Sur – Huancayo, en el año 2020	El comportamiento del tránsito vehicular de la carretera Panamericana Sur – Huancayo es de alto flujo vehicular, el cual requiere un sistema inteligente de transporte en el año 2020	<b>Muestreo</b> Basado en estos argumentos la muestra fue intencional o basada en criterios o a conveniencia del investigador. El muestreo es no aleatorio, itencional simple.	<b>Nivel de investigación</b> El estudio por el nivel descriptivo explicativo.
¿Cuáles serían los beneficios con la implementación del sistema inteligente de transporte en la situación vial de la carretera Panamericana Sur – Huancayo, en el año 2020?	Establecer los beneficios con la implementación del sistema inteligente de transporte en la situación vial de la carretera Panamericana Sur – Huancayo, en el año 2020.	El sistema inteligente de transporte resulta favorable en la situación vial de la carretera Panamericana Sur – Huancayo, en el año 2020.		<b>Diseño metodológico</b> No experimental

## Anexo 02: Panel fotográfico



**Punto de inicio del tramo en estudio.**



**Recopilación de información de condiciones de nivel de servicio del tramo en estudio.**



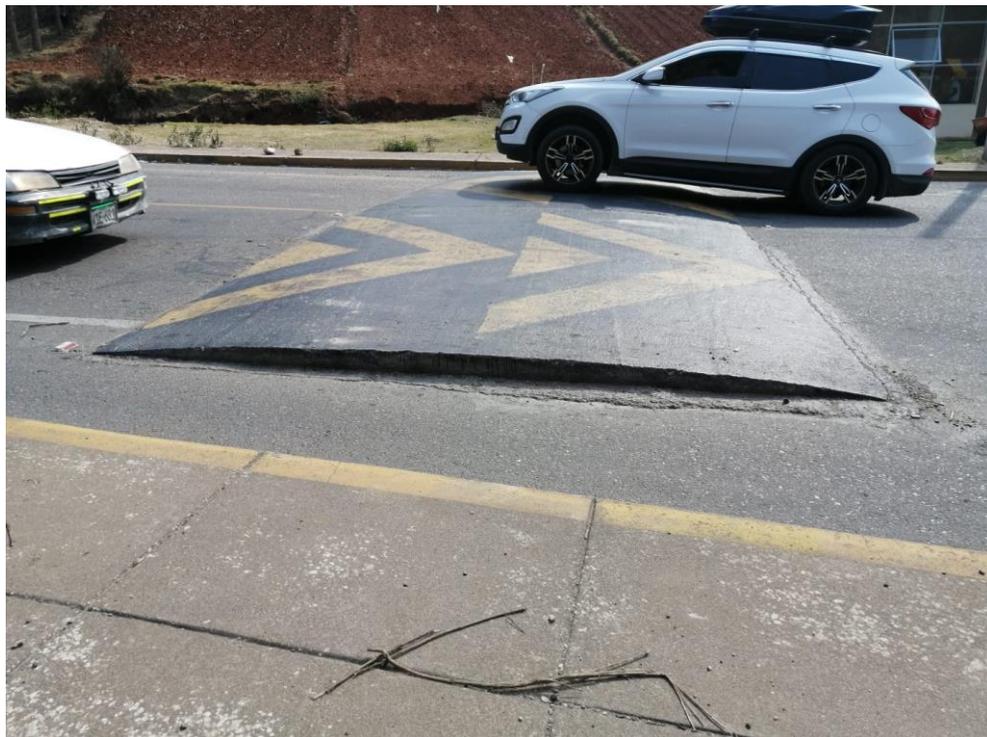
**Recopilación de información de condiciones de nivel de servicio del tramo en estudio.**



**Recopilación de información de condiciones de nivel de servicio del tramo en estudio.**



**Recopilación de información del comportamiento vehicular del tramo en estudio.**



**Recopilación de información del comportamiento vehicular del tramo en estudio.**



**Recopilación de información del comportamiento vehicular del tramo en estudio.**



**Recopilación de información de condiciones de nivel de servicio del tramo en estudio.**



**Recopilación de información de condiciones de nivel de servicio del tramo en estudio.**



**Recopilación de información del comportamiento vehicular del tramo en estudio.**



**Recopilación de información de condiciones de nivel de servicio del tramo en estudio.**



**Punto de término del tramo en estudio.**