

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
ESCUELA DE POSGRADO



TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO
EN TRANSPORTES Y CONSERVACIÓN VIAL

Planeamiento y desarrollo vial entre las avenidas Metropolitana I y II de la ciudad
de Trujillo en el año 2019.

Área de Investigación:
TRANSPORTES

Autor:
Br./Ms Merino Martínez Marcelo Edmundo

Jurado Evaluador:

Presidente: Dr. Enrique Francisco Luján Silva
Secretario: Ms. Juan Paul Edward Henríquez Ulloa
Vocal: Ms. José Alcides Gálvez Paredes

Asesor:
Dr. Guillermo Juan Cabanillas Quiroz
Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5006-2312>

Trujillo – Perú
2021

Fecha de sustentación: 2021/11/04

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
ESCUELA DE POSGRADO



TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO
EN TRANSPORTES Y CONSERVACIÓN VIAL

Planeamiento y desarrollo vial entre las avenidas Metropolitana I y II de la ciudad
de Trujillo en el año 2019.

Área de Investigación:
TRANSPORTES

Autor:
Br./ Ms Merino Martínez Marcelo Edmundo

Jurado Evaluador:
Presidente: Dr. Enrique Francisco Luján Silva
Secretario: Ms. Juan Paul Edward Henríquez Ulloa
Vocal: Ms. José Alcides Gálvez Paredes

Asesor:
Dr. Guillermo Juan Cabanillas Quiroz
Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5006-2312>

Trujillo – Perú
2021

Fecha de sustentación: 2021/11/04

DEDICATORIA

A Dios, por darme la fuerza de culminar este gran reto que es la Maestría. Este logro se lo dedico a la gran familia que pertenezco orgullosamente, también a los que no están físicamente pero siempre y cada día están en mi corazón y en mis recuerdos.

A mí, esposa Nancy,

A mis hijos Ana, Luciana y Jean Pool.

A mis padres Oscar y Adolfina que en paz descansen, y a mis Hermanos por su cariño y confianza, con su ayuda fraternal e incondicional, no habría sido posible lograr esta meta.

A mis suegros Ricardo y Vicenta, por su gran colaboración con mis hijos.

Br. Marcelo Edmundo Merino Martínez

AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a mi esposa e hijos por su amor, a mis padres que están en el cielo y mis hermanos por el apoyo constante en todo momento de mi vida.

Agradezco a mi asesor, Dr. Guillermo Juan Cabanillas por su apoyo metodológico y profesional para la orientación en el desarrollo de mi tesis.

A la Universidad Privada Antenor Orrego, Facultad de Ingeniería, Escuela Posgrado, por el apoyo brindado en la etapa de la maestría.

A mis docentes de la Escuela de Posgrado que a lo largo de la formación académica me inculcaron la dedicación al estudio y a la constante superación personal.

El Autor

RESUMEN

Nuestra ciudad de Trujillo ha venido presentando un problema de congestión vehicular e inseguridad, debido a razones como: aumento del parque automotor, deficiente servicio de transporte público, deficiencias en el sistema de semaforización y escaso control de la policía de tránsito.

Está presente Investigación titulada Planeamiento y desarrollo vial entre las avenidas Metropolitana I y II de la ciudad de Trujillo en el año 2019, tiene como objetivo principal desarrollar un estudio de tráfico, observar a detalle los principales problemas que suceden a diario en las intersecciones de las avenidas Metropolitanas con mayor caos vehicular.

Se hizo un análisis sobre la situación del tráfico actual a través de un aforo vehicular para determinar los volúmenes de máxima demanda y obtener datos para realizar el estudio de tráfico de las intersecciones o puntos críticos. Como parte de la investigación se determinaron los volúmenes de tránsito en las horas críticas, los tiempos de semáforos y las capacidades, estos resultados se muestran mediante figuras y tablas donde se confirma el problema que existe en los puntos de estudio.

Se tendrá presente la señalización tanto Horizontal y Vertical de dichas avenidas, así como la semaforización y el planeamiento y desarrollo vial.

Finalmente, se planteó una propuesta de solución vial para los problemas de tráfico de estas intersecciones de la avenida Metropolitana I y II, para contribuir a un correcto control de tráfico en la intersección evaluada.

ABSTRACT

Our city of Trujillo has been presenting a problem of vehicular congestion and insecurity, due to reasons such as: increase in the car fleet, poor public transport service, deficiencies in the traffic light system and poor traffic police control.

Research is underway entitled **PLANNING AND ROAD DEVELOPMENT BETWEEN METROPOLITAN AVENUES I and II OF THE CITY OF TRUJILLO IN THE YEAR 2019**, its main objective is to develop a traffic study, observe in detail the main problems that occur daily at the intersections of the Metropolitan avenues with greater vehicular chaos.

An analysis was made on the current traffic situation through a vehicle capacity to determine the volumes of maximum demand and obtain data to conduct the traffic study of the intersections or critical points. As part of the investigation, traffic volumes were determined at critical hours, traffic lights times and capacities, these results are shown by figures and tables where the problem that exists in the study points is confirmed.

The horizontal and vertical signaling of these avenues will be taken into account, as well as traffic lights and road planning and development.

Finally, a proposal for a road solution for the traffic problems of these intersections of Metropolitan Avenue I and II was proposed, to contribute to proper traffic control at the intersection evaluated

PRESENTACIÓN

Planeamiento y desarrollo vial entre las avenidas Metropolitana I y II de la ciudad de Trujillo en el año 2019

Por:

Br. Merino Martínez Marcelo Edmundo

Jurado evaluador

Presidente

Ing. Juan Paul Edward Henríquez Ulloa

N° CIP: 118101

Secretario

Ing. Tito Alfredo Burgos Sarmiento N° CIP: 82596

Vocal

Ing. Durand Orellana, Rocío del Pilar N° CIP: 60518

Asesor

Ing. Cabanillas Quiroz Guillermo Juan

N° CIP: 17902

INDICE GENERAL

Contenido

I.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	Problema de Investigación	1
1.2.	Objetivos	6
	Objetivo General	6
	Objetivos Específicos	6
1.3.	Justificación del estudio	6
II.	MARCO DE REFERENCIA	7
2.1.	Antecedentes del Estudio	7
	Antecedentes internacionales	7
	Antecedentes Nacionales	8
	Antecedentes Locales	8
2.2.	Marco Teórico	11
	2.2.3. Factores:	23
	2.2.4. Factores de la congestión vehicular	24
2.3.	Marco Conceptual	53
	Congestionamiento	53
	Capacidad	53
	Densidad Crítica (Do)	53
	Facilidad	53
	Factor de hora pico	53
	Flujo interrumpido	53
	Flujo libre	53
	Nivel de Servicio (LOS)	53
	Período pico	54
	Razón de flujo	54

	vii
Tránsito.....	54
Composición del Tránsito.....	54
Tráfico.....	54
Control del Tráfico.....	54
Volumen en Hora de Máxima Demanda.....	55
Factor de la Hora de Máxima Demanda.....	55
Densidad.....	55
Tránsito Horario (TH).....	55
Intersección Vial.....	55
Simulación.....	55
Simulador de Tráfico.....	55
Simulador VISSIM.....	55
Congestión Vehicular.....	56
Soluciones Viales.....	56
Área Saturada.....	56
Vía Saturada.....	56
Servicio de Transporte Publico.....	56
Calidad de servicio de Transporte Publico.....	57
Exceso de oferta de Servicio Transporte Público.....	57
Nivel de congestión.....	57
Clasificación de conteos.....	60
Definiciones en ingeniería de transito.....	60
Densidad: Cantidad de vehículos ocupando un tramo de vía en un instante dado (VPK).....	63
Señalización Vial.....	64
2.4. Sistema de Hipótesis.....	73
Mejoraría el Planeamiento y Desarrollo Vial del tráfico entre las Av. Metropolitana I y II de la ciudad de Trujillo en el año 2019.....	73

	viii
Operacionalización de las variables.	73
Las variables a considerar en este estudio serán.....	73
Operacionalización de las variables	74
III. METODOLOGÍA EMPLEADA.....	75
3.1. Tipo y nivel de investigación.....	75
3.2. Población y muestra de estudio.....	75
Población	75
Muestra.....	75
3.3. Diseño de investigación	79
El diseño de la investigación es descriptivo, ya que se basó en la recolección de datos de la avenida Metropolitana, del Distrito de Trujillo – La Libertad, para luego procesar esos datos y dar las correspondientes propuestas.	79
También es del tipo analítico por que estudia las carencias o fallas y establece propuestas de solución y del tipo no experimental ya que no lo vamos implementar ninguna señalización, semaforización u otro	79
3.4. Técnicas e instrumentos de investigación	79
3.5. Procesamiento y análisis de datos	79
IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	81
4.1. Análisis e interpretación de resultados	81
4.1.1. Exploración a la condición por unidad de muestreo.....	81
Longitudes de unidades de muestreo asfálticas	81
4.1.3. Medición y registro de las muestras	87
4.1.4. Determinación del índice de condición superficial del pavimento	88
Etapa 1. Cálculo de los Valores Deducidos:.....	89
Etapa 2. Cálculo del Número Máximo Admisible de Valores Deducidos (m).	91
Etapa 3. Cálculo del “Máximo Valor Deducido Corregido”, CDV:.....	92
Etapa 4. Calcule el PCI de la unidad restando de 100 el máximo CDV obtenido en la Etapa 3.	94

	ix
Fuente: Autoría Propia	95
4.2. Docimasia de hipótesis	116
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	116
ANEXOS.....	120

INDICE DE TABLAS

Tabla 1	19
Tabla 2.....	20
Tabla 3	21
Tabla 4 Factores de conversión UCP.....	27
Tabla 5 Parque Automotor de Trujillo Año 2013.....	40
Tabla 6 Número de accidentes vehiculares en Perú del 2012 al 2014	41
Tabla 7 Niveles de servicios, según demoras.	51
Tabla 8 Capacidad de carriles de 3.50 m.....	52
Tabla 9 Ayuda para la Clasificación de una arteria.....	58
Tabla 10 Niveles de Servicio en Arterias.....	59
Tabla 11 Clases de Arteria de acuerdo con su Función y Categoría de Proyecto.	60
Tabla 12 Volúmenes de Transito	71
Tabla 13 Operacionalización de las variables.....	74
Tabla 14	81
Tabla 15 Formato de Cálculo PCI	83
Tabla 16.....	95
Tabla 17 Resumen de la densidad de Fallas.....	95
Tabla 18 Factor de anchura	99
Tabla 19 Factor de vehículos pesados.....	99
Tabla 20 Factor de inclinación	100
Tabla 21 Factor de estacionamiento.....	100
Tabla 22 Factor de zona urbana	101
Tabla 23 Factor de parada de autobús.....	101

INDICE DE GRAFICOS

Figura 1	Cruce de las avenidas Metropolitana I y II de la ciudad de Trujillo	2
Figura 2	Cruce de las avenidas Metropolitana I y II de la ciudad de Trujillo	3
Figura 3	Tráfico vehicular en las avenidas Metropolitanas I y II	13
Figura 4	Tráfico y accidentes vehiculares en las avenidas Metropolitanas I y II... 18	
Figura 5	Tráfico y accidentes vehiculares en las avenidas Metropolitanas I y II... 25	
Figura 6	Intersección normal a tiempos fijos.....	37
Figura 7	Niveles de servicio.....	50
Figura 8	Ejemplos de señales de regulación	66
Figura 9	Ejemplo de señales preventivas.	67
Figura 10	Ejemplos de Postes de kilometraje	68
Figura 11	Ejemplos de señales de localización	69
Figura 12	Ubicación del tramo de las Av. Metropolitana I y II de la ciudad de Trujillo	75
Figura 13	Ubicación del tramo de las Av. Metropolitana II y Av. Mansiche	76
Figura 14	Ubicación del tramo de la Av. Metropolitana II	77
Figura 15	Ubicación del tramo de la Av. Metropolitana II y II	77
Figura 16	Ubicación del tramo de la Av. Metropolitana I	77
Figura 17	Ubicación del tramo de la Av. Metropolitana I	78
Figura 18	Ubicación del tramo de la Av. Metropolitana I y Av. Panamericana Norte	78
Figura 19	Huecos en la calzada – AV. Metropolitana I y II.....	82
Figura 20	Esquema levantado de la avenida Metropolitana I.....	84
Figura 21	Esquema de ubicación: Muestra Tramo de IDA.	88
Figura 22	Severidad Media (Medium).....	90
Figura 23	Severidad Alta (High).	90
Figura 24	Valor Deducido Corregido para $q=2$	93
Figura 25	Valor Deducido Corregido para $q=1$	94
Figura 26	Funcionamiento esquemático de una intersección semaforizada.....	97
Figura 27	Tipos de giros.....	103
Figura 28	Intersección Metropolitana I y II	107
Figura 29	Tipos de fallas en las Av. Metropolitana I y II.....	121
Figura 30	R.D. que aprueba el proyecto de investigación	122

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Problema de Investigación

El ser humano a través de los años ha buscado la manera de satisfacer sus necesidades, entre ellas, la comunicación, movilización e integración; que han sido actividades prioritarias solucionando de forma individual y colectivamente, mediante el desarrollo de múltiples acciones.

La construcción de vías ha sido importante en el avance de las distintas sociedades, llegando a la actualidad, donde nos encontramos en un mundo globalizado, pero con marcadas diferencias entre países desarrollados y en vías de desarrollo, siendo los primeros quienes están a la vanguardia en tecnología, métodos constructivos, programas de conservación y seguridad vial y otras innovaciones en el desarrollo.

Los países latinoamericanos, tienen una perspectiva, en la cual los organismos del Estado responsables de los caminos tenían como función primordial la construcción de caminos, midiendo su eficiencia en la longitud de kilómetros construidos y su nivel de intervención, dejando a la conservación de caminos ya construidos en un segundo plano o en los peores casos, sin ningún plan de intervención en lo referente a su mantenimiento.

Las causas difieren en cada caso particular, pero habitualmente se trata de una combinación de distintos grados de deficiencias de diseño, de construcción, de conservación y de control del tránsito. El resultado es que muchas redes viales se encuentran en una condición muy por debajo de lo que resulta deseable y conveniente.

En nuestro país, los mantenimientos viales no han sido considerados actividades importantes. Entre las causas podría citarse que los intereses políticos de construcción de tramos nuevos de carreteras son mayores a los de mantener las existentes. Asimismo, la burocracia y los sistemas complejos en que tiene que moverse el Estado hacen que los trabajos de conservación vial sean deficientes y por ende nuestras vías estén en mal estado o no cumplan con lo deseado. No obstante, en nuestro país últimamente esta percepción ha cambiado y los trabajos de mantenimiento empiezan a ser considerados como muy importantes. Sin embargo, debido a que no se reciben los fondos suficientes, las carreteras son mal conservadas.

Nuestro estudio se realizara en la ciudad de Trujillo, entre las avenidas Metropolitana I y II , para lo cual se quiere realizar el planeamiento y desarrollo vial entre estas avenidas; la cual ha sido sometida a un proceso de mantenimiento de su infraestructura, por lo que es necesario proponer un modelo de desarrollo de conservación vial, que ayude en mantener la vía en un estado óptimo, preservando los recursos invertidos, mejorando los niveles de seguridad, comodidad y rapidez, con un ahorro en los costos de operación vehicular y mantenimiento vial, a su vez promoviendo una regeneración socio económica de la zona, conectados en la red.

Figura 1

Cruce de las avenidas Metropolitana I y II de la ciudad de Trujillo.



Fuente: (Propia, 2016)

Figura 2

Cruce de las avenidas Metropolitana I y II de la ciudad de Trujillo.



Fuente: (Propia, 2016)

Debido al crecimiento del parque automotor y a la vez de la población, en varios puntos de la ciudad de Trujillo se viene presentando un alto índice de congestión y accidente vial, en las principales avenidas de la ciudad; generando contaminación, incomodidad y demora en el tiempo de circulación. Para este

proyecto se analizará las Avenida Metropolitana I y II en puntos críticos principales en toda la extensión de la Av. entre las 7:00 am a 9:00 am, 11:00 am a 1:30 pm y 6:00 pm a 8:30 pm horas, donde se presenta gran congestión vehicular y se propusieron soluciones para cada uno de los estos. En este proyecto de estudio de tránsito, se plantea propuestas y soluciones de mejoras en puntos críticos en las horas puntas, basado en las observaciones de campo. No se pretende dar soluciones definitivas, pero si se plantearon opciones para el mejoramiento de los diferentes puntos de estudio, con el fin de mejorar la circulación de los usuarios de estas vías.

En toda la extensión de la Av. Metropolitana de la ciudad de Trujillo, unas de las vías de mayor circulación vehicular se observa una mayor congestión del tránsito en donde sus entornos son de actividad comercial, almacenes, bancos, universidades, instituciones educativas, entidades públicas, comisaria, hospitales, etc. Generando la congestión del tránsito.

La congestión vehicular se genera también por el alto flujo vehicular, que sobrepasa la capacidad de la vía; según reportes en la actualidad se estima una capacidad óptima de una vía urbana es considerada en 1,800 vehículos/hora/carril. Asimismo, el estacionamiento de vehículos en zonas no permitidos y proliferación de actividades ambulatorias reduce la capacidad de la vía.

La informalidad y desorden del sistema de transporte público, como la presencia de taxis, colectivos, combis y microbús, la indeterminación o no uso de los paraderos y el escaso control y fiscalización de la policía nacional de tránsito contribuye a la mayor congestión de las vías.

La falta de instalaciones adecuadas y de controles eficientes en los paraderos de transporte público provoca reducciones sustanciales en la capacidad vial y problemas de seguridad a otros usuarios de las vías, así como a los peatones. Plantear acciones concretas de gestión del tránsito, ordenamiento transporte y mejoramiento de la vía, para resolver problemas de congestión y/o la saturación de las vías, pasa por evaluar las características de tránsito en situación actual de las principales avenidas de la ciudad, entre ellos los flujos vehiculares, las velocidades, tiempos de recorrido, las demoras del servicio de transporte público y privado.

El presente estudio de investigación nos permitirá conocer los problemas que ocasiona la congestión de tráfico vehicular en horas punta en los puntos críticos de toda la extensión de la Avenida Metropolitana I y II, mediante un estudio de tráfico en el cual se harán cálculos y mediciones estratégicas, para luego analizar y proponer soluciones de mejoras para el Transporte Metropolitano de Trujillo y de esta manera contribuir a la actualización del Plan de Desarrollo Vial de Trujillo.

El Departamento La Libertad tiene 1'778,080 habitantes según el último censo del INEI. La población total del Perú llegó a 32'162,184 habitantes, en los que se considera a la población censada y la población omitida durante el empadronamiento (según Diario El Correo-La Libertad, junio 2018).

La Metodología empleada para esta tesis es el Trabajo de Campo. El trabajo de campo consistió en hacer un conteo vehicular en el transcurso de 7 días consecutivos durante las 6:30 am y 8:30 pm del día, para determinar el volumen de tránsito y capacidad de la vía y obtener el IMD.

El trabajo de campo, consistió en la aplicación de los formatos para el conteo de tráfico para el levantamiento de la información necesaria. La metodología a emplear es la del HCM, que es muy versátil y con ayuda de hojas de cálculo Excel, y la formulación de registros de datos propuesta es:

- Trabajos de campo:
- Conteos de flujo vehicular.
- Consideraciones de Aforo.
- Resultado del Aforo Vehicular.
- Medición de flujos de saturación.
- Determinación de la capacidad y grado de saturación.
- Análisis de los resultados.
- Identificación y conteo de rutas de transporte público.
- Estudio de estacionamientos.
- Análisis del nivel de servicio.
- Impacto ambiental.

1.2. Objetivos

Objetivo General

Continuidad en las vías que se deslizan del distrito de La Esperanza hacia el Mall de Mansiche y Huanchaco (Aeropuerto)

Objetivos Específicos

- Identificación de los mecanismos de falla
- Identificación de las señales Verticales y Horizontales.
- Semaforización entre las Avenidas Metropolitana I y II

1.3. Justificación del estudio

La investigación se realizará para brindar nuevos aportes y criterios a la Planificación y Desarrollo de Conservación Vial, aplicado a Instituciones que se dedican a la Administración Vial, proponiendo un Modelo de Desarrollo y Conservación Vial, que ayudará a preservar las distintas redes viales de la zona, reduciendo los costos de operación vehicular y de mantenimiento, para optimizar los recursos invertidos, mejorando los niveles de servicio y produciendo la reactivación social y económica de los usuarios.

II. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Antecedentes del Estudio

Antecedentes internacionales

Dicho proyecto comienza en el año 2007 como un proyecto piloto, periodo de trabajo en el cual se tomaron en cuenta las vías principales de la ciudad de Trujillo (Av. América, Av. España, Av. Larco, Av. Los Incas, Av. Juan Pablo II, etc.). Para los siguientes años se ha ido levantando información de las vías locales, pero agrupadas en sectores catastrales para que el trabajo se realice de manera óptima, pero sobre todo ordenada. Quizás alguna vez haya observado a una brigada de campo (cada brigada consta de 2 personas), con sus respectivos chalecos que los identifican tomando medidas y anotando en las fichas catastrales viales la información correspondiente a cada vía.

Tesis: “Estudio de tráfico y soluciones al congestionamiento vehicular en la Av. Universitaria (intersecciones con Bolivia – Santa Rosa), de la ciudad de Quito”.

Autor: Ibadango (2014).

País: Ecuador.

Se propuso como objetivo estudiar y analizar las posibles alternativas para solucionar el problema de movilidad vehicular en la Av. Universitaria, aprovechando en lo posible la estructura vial actual. Este proyecto se basa en que se presenta un intenso tráfico y varios problemas que afectan la transitabilidad vehicular. Se realizó un estudio de tráfico a detalle y este fue apoyado con una simulación en el software Synchro. Se concluye, que la implementación de solución del cambio de la superficie de rodadura es factible y que estas mejoraran el flujo vehicular en la zona de estudio, así mismo disminuirá las colas de tráfico y con esto reduciendo tiempos de viaje de los usuarios, esto generara un tráfico seguro y eficiente para toda la población.

Los detectores por instalarse son dispositivos capaces de registrar variables del tránsito tales como, volumen, velocidad, presencia de vehículos, sentido de circulación, tipo de tránsito, intervalos o brechas, y otros. Los detectores magnéticos se instalan en la calzada son accionados por la detección de un campo magnético causado por el paso de un vehículo y son de los tipos

compensados y no compensados; ambos tipos funcionan aun con vehículos estacionados en la zona de influencia.

Antecedentes Nacionales

Tesis: “Solución Vial de la Av. Primavera comprendida entre las Avenidas La Encalada y José Nicolás Rodrigo, Lima, Lima-Surco”

Autores: Núñez castillo, Christian Gonzalo y Villanueva Troncoso.

Fuente: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas

País: Perú Año: 2015.

La tesis mencionada analiza las condiciones de tráfico actual y futuro en la Av. Primavera, comprendida entre las avenidas La Encalada y José Nicolás Rodrigo. Tomando como base los flujos vehiculares que ingresan por la intersección de la Avenida La Encalada y primavera, entrando el análisis en las intersecciones de la Av. Primavera con las avenidas Central/Aldebarán y José Nicolás Rodrigo. Se tomaron datos para calcular la capacidad de la infraestructura vial actualmente instalada, tales como control de tráfico, dispositivos viales dentro de la zona de estudio y geometría de la zona, así como los flujos vehiculares que ingresan la Av. Primavera por las avenidas mencionadas. Esta tesis se basa primordialmente en la metodología Highway Capacity Manual (HCM). Es así que con los datos obtenidos se determina la demanda vehicular que incide en la zona de estudio y luego se realiza el análisis de resultados obtenidos de la modelación en el Software Synchro tanto para la situación actual y 4 escenarios que buscan solucionar los problemas de demoras, saturación y niveles de servicio tanto por intersección y acceso, proyectando el flujo vehicular a 5 años, periodo valido de proyección para un proyecto Vial Urbano, basándose en el crecimiento vehicular del Distrito donde se encuentra la zona de estudio, el Distrito de Santiago de Surco.

Antecedentes Locales

Tesis: “Estudio del tráfico vehicular en la avenida César Vallejo, tramo avenida Eguren con avenida Fátima”

Autores: Br. Sotero González, Br. Zapata Florián

Fuente: Universidad Privada Antenor Orrego

País: Perú, Trujillo Año: 2017

Uno de los objetivos fundamentales de los ingenieros, es el de planear, diseñar y operar los sistemas viales, de tal manera que las demoras inducidas a los usuarios sean mínimas. Motivo por el cual surge la idea de realizar esta tesis que tiene como objetivo general, realizar un estudio del tráfico vehicular actual, en intersección avenida María Eguren con avenida Los Incas hasta avenida prolongación Cesar Vallejo con avenida prolongación Fátima, Trujillo, La Libertad, a fin de identificar los problemas concernientes al tráfico vehicular, considerando como problema actual en la ciudad, el crecimiento del parque automotor, que conlleva al congestionamiento vehicular y al bajo nivel de servicio en que operan las vías de la zona urbana.

El estudio de tráfico vehicular se llevó a cabo de acuerdo a lo establecido en el Manual de Capacidad de Carreteras ("Highway Capacity Manual, HCM"). Como parte de la investigación se realizó el aforo del tránsito vehicular, para determinar; las horas críticas y los volúmenes de tránsito, estos resultados se muestran mediante figuras y tablas donde se confirma el problema que existe en los puntos de estudio.

Por otro lado, se realizó estudios de las velocidades, donde se determinó la velocidad de recorrido en las horas punta y con esto el nivel de servicio al que operan las vías en estudio (resultado: nivel C, D y E). Finalmente se hacen las conclusiones y recomendaciones y se espera que esta investigación sea útil para estudios posteriores de las entidades competentes.

Tesis: "Diseño de un modelo de monitoreo para mejorar el flujo de tránsito vehicular a través de semáforos inteligentes en la ciudad de Trujillo"

Autores: López Esquivel diana Elizabeth.

Fuente: Universidad Nacional de Trujillo.

País: Perú, Trujillo Año: 2014.

La presente tesis tiene como finalidad el desarrollo de un sistema de semaforización para el monitoreo y control del tránsito vehicular basado en semáforos inteligentes para la Ciudad de Trujillo, la cual tiene como objetivo gestionar la circulación vial en las principales calles y avenidas de la ciudad, supervisar la fluidez vehicular y el cambio de luces en los semáforos. A través de diversas técnicas de recolección de información e instrumentos de análisis como: observación directa, entrevista, encuesta, cuestionario, análisis situacional y documental, se pudo determinar los síntomas y causas de la problemática en el

proceso gestión vial de la ciudad de Trujillo. En el proyecto se detalla el diseño de un prototipo para controlar un semáforo inteligente desarrollado en Python 5.7, y se utilizó el manejador de base de datos MySQL, además se sugerirá la tecnología KIT de semáforos con tecnología leds, sensores de movimiento, controlador de tránsito cables de registro de información, cámaras detectoras de presencia vehicular cuya función es detectar los vehículos que esperan o se aproximan a una intersección. Abordaremos conceptos básicos de tráfico vehicular, así como la problemática que produce en la sociedad, escogeremos las intersecciones más resaltantes de la ciudad como modelo para el desarrollo del prototipo, se realizó un estudio del flujo vehicular, se tabularon los datos obtenidos llegando a la conclusión que deben reasignarse los tiempos para cada 20 sentido de circulación en cual proponen un nuevo modelo de control del flujo vehicular basado en el uso de semáforos inteligentes.

Tesis: “Control de tráfico vehicular por medio de semáforo inteligente”

Autor: Morales y Gonzales (2013)

En su investigación titulada “Control de Tráfico Vehicular por medio de Semáforos Inteligentes”, se propuso como objetivo controlar el tráfico vehicular por medio de semáforos inteligentes en un área de estudio, se tuvo en cuenta el estado actual del funcionamiento de los semáforos. Concluyendo que la creación de un sistema de control mediante el uso de semáforos inteligentes permite una mejoría en el flujo de tráfico debido a su capacidad de detección de vehículos y la toma de decisiones que dan prioridad a las avenidas con mayor flujo de tráfico. Se realizaron una serie de pruebas en un ambiente de intersecciones para determinar si se alcanzaron o no las expectativas del proyecto.

En algunos países se han implementado semáforos inteligentes, con los cuales han obtenido beneficios satisfactorios al mejorar el flujo vehicular en los lugares donde están ubicados estos sistemas; de acuerdo a los resultados obtenidos en estos países, consideramos que es necesario el uso de semáforos inteligentes en nuestra ciudad.

Esta investigación es de gran importancia ya que ayudará a mejorar en gran medida la circulación de vehículos en las calles, reduciendo así el tráfico en las avenidas, los tiempos de viaje, y en consecuencia la tensión y estrés que provocan a los automovilistas los embotellamientos.

2.2. Marco Teórico

2.2.1.- Congestión vehicular

Se refiere a la condición de un flujo vehicular que se ve saturado debido al exceso de demanda de las vías, incrementando los tiempos de viaje. Este fenómeno se produce comúnmente en las horas punta, y resultan frustrantes para los automovilistas, ya que resultan en pérdidas económicas, de tiempo y consumo excesivo de combustible.

El Diccionario de la Lengua Española define a la congestión vehicular como: “Acción y efecto de congestionar”, en tanto que congestionar significa obstruir o entorpecer el paso, la circulación o el movimiento de algo que, en este caso, es el tránsito vehicular. (Real Academia Española, 2014).

Para Thomson et. al. (2002, s/p) definen la congestión vehicular como: “la condición en que existen muchos vehículos circulando y cada uno de ellos avanza lenta e irregularmente”. Ellos indican que tanto su definición como la del diccionario son de carácter subjetivo y no conllevan a una precisión suficiente.

Hay que recalcar que es claro que ellos la definen de la manera en que las personas observan el tráfico vehicular. Se puede llegar a una definición uniendo los significados que nos brindan estos autores, por lo cual, la congestión automotriz es considerada como una condición en la cual el flujo de vehículos en las vías es muy denso o está saturado, esto se debe principalmente, al exceso de demanda de las vías y por el número de carros en ellas. Todo esto, genera que los autos no puedan circular con fluidez por las diferentes vías de la ciudad.

Las consecuencias de la congestión vehicular denotan en accidentes, a pesar que los automóviles no pueden circular a gran velocidad, ya que el automovilista pierde la calma al encontrarse estático por mucho tiempo en un lugar de la vía.

Esto también deriva en violencia vial, por otro lado, reduce la gravedad de los accidentes ya que los vehículos no se desplazan a una velocidad importante para ser víctima de daños o lesiones de mayor gravedad. También, los vehículos pierden innecesariamente combustible debido a que se está inactivo por mucho tiempo en un mismo lugar, sin avanzar en el trayecto de un punto a otro. (Arroyo, 2019, pp 12-13).

2.2.2.- Como se origina el tráfico vehicular

Se puede dar una explicación muy sencilla de cómo se genera el tráfico vehicular en calles y avenidas, se asume que los vehículos se están movilizandose desde un lugar de origen hacia un lugar de destino a una velocidad determinada, al inicio todo va relativamente normal, pero por momentos a distancia entre un auto y otro es pequeña y el auto que va a mayor velocidad se ve obligado a disminuir su velocidad para no accidentarse con el vehículo que está delante, es en este momento en el que se crean los denominados embotellamientos; lo interesante de este fenómeno es que se replica como una onda expansiva que afecta a los vehículos que están detrás.

Por esta situación el tráfico vehicular en la vida cotidiana sucede exactamente de la misma manera. Así se puede decir con seguridad que no existe una regla o método que acabe con esta problemática definitivamente, pero si se pueden proponer mecanismos que ayuden a reducir el impacto que genera el fenómeno del tráfico vehicular. (Arroyo, 2019, pp 12).

2.2.1.1. Causas. La congestión vehicular se produce cuando el volumen de tráfico o de la distribución normal del transporte genera una demanda de espacio mayor que el disponible en las carreteras. Hay una serie de circunstancias específicas que causan o agravan la congestión, la mayoría de ellos reducen la capacidad de una carretera en un punto determinado o durante un determinado periodo, o aumentar el número de vehículos necesarios para un determinado caudal de personas o mercancías. En muchas ciudades altamente pobladas la congestión vehicular es recurrente, y se atribuye a la gran demanda de tráfico, la mayoría del resto se atribuye a incidentes de tráfico, obras viales o eventos climáticos. La velocidad y el flujo también pueden afectar la capacidad de la red, aunque la relación es compleja. Es difícil predecir en qué condiciones un atasco sucede, pues puede ocurrir de repente. Se ha constatado que los incidentes (tales como accidentes o incluso un solo coche frenado en gran medida en un buen flujo anteriormente).

Pueden causar repercusiones (un fallo en cascada), que luego se difunde y crear un atasco de tráfico sostenido, cuando de otro modo, el flujo normal puede haber continuado durante algún tiempo más.

Figura 3

Tráfico vehicular en las avenidas Metropolitanas I y II.



Fuente: (Propia, 2016)

2.2.1.2. Consecuencias del tráfico vehicular. Las principales consecuencias generadas por el congestionamiento del sector automotriz, se refleja de forma directa en los cambios que día a día experimenta la sociedad en su desarrollo personal, social y económico debido a factores como el incremento del tiempo necesario para llegar a su destino, de los costos de operación y mantenimiento que requieren los automotores, de la contaminación atmosférica generada por la expulsión de gases de combustión de los vehículos y contaminación acústica de las ciudades por el excesivo y desmesurado uso de las bocinas vehiculares, aspectos que en general denotan el deterioro progresivo de la calidad de vida de la población.

2.2.1.3. Efectos negativos. -Pérdida de tiempo de los automovilistas y pasajeros (coste de oportunidad) como una actividad no productiva para la mayoría de la gente.

-Retrasos, lo cual puede resultar en hora atrasada de llegada para el empleo, las reuniones, y la educación, lo cual al final resulta en perdida de negocio, medidas disciplinarias u perdidas personales.

-Incapacidad para predecir con exactitud el tiempo de viaje, lo que lleva a los conductores la asignación de más tiempo para viajar por si acaso, y menos tiempo de actividades productivas.

-Desperdicio de combustible, aumenta la contaminación en el aire y la emisión de dióxido de carbono (que puede contribuir al calentamiento global), debido al aumento de ralentización, aceleración y frenado.

Aumento del uso de combustibles, en teoría, puede causar un aumento de los costes de combustible.

-El desgaste de los vehículos como consecuencia de la ralentización en el tráfico y la frecuencia de aceleración y frenado, lo que hace más frecuentes que se produzca reparaciones y reemplazos.

Automovilistas frustrados, el fomento de la ira de carretera y la reducción de la salud de los automovilistas.

-Emergencias: si se bloquea el tráfico se podría interferir con el paso de los vehículos de emergencia para viajar a sus destinos en los que se necesitan con urgencia.

-Efecto de la congestión de las arterias principales de las carreteras secundarias y calles como rutas alternativas que pueden afectar barrios, comunidades y los procesos de bienes raíces.

Según **Iturra (2008)**: En general entendemos la congestión vehicular como un exceso de vehículos en una vía, lo cual trae como consecuencia que cada vehículo avance de forma lenta e irregular en comparación a las condiciones normales de operación.

Técnicamente podríamos decir que la congestión vehicular se da cuando los vehículos de la vía interfieren en el normal desplazamiento de los demás vehículos, esto es cuando se supera un cierto nivel de concentración y los vehículos comienzan a circular a una velocidad menor que la velocidad de flujo libre de la vía. Sin embargo, lo anterior puede no coincidir con lo que entendemos por congestión vehicular, dado que, para niveles ligeramente superiores a la concentración crítica, la demora que introduce un vehículo adicional en la vía a cada uno de los otros automóviles es pequeño y podríamos decir que la vía sigue operando en condiciones normales.

Podemos concluir entonces que cualquier definición de congestión vehicular debe incluir aspectos medibles o calculables y la percepción que los usuarios de la vía tienen, quizás serían útiles definiciones como:

Se dice que hay congestión vehicular, cuando la demora de todos los vehículos aumenta en un % del tiempo de viaje que tendría un vehículo adicional. (Arroyo, 2019, pp 15-16).

2.2.1.4. Efectos que tiene la congestión vehicular en las personas.

Enfocándonos en cómo la congestión vehicular está afectando a las personas en su vida diaria. **El diario Perú21 (2013)** publicó un estudio realizado por César Fajardo sobre el tráfico limeño, indicando que este perjudica el rendimiento de las personas. Los resultados publicados fueron los siguientes: 69% de los peruanos sienten que no rinden debidamente en el trabajo a causa del denso y cotidiano tráfico en la ciudad, el 47% tarda entre 30 minutos y una hora en llegar a su centro de trabajo, 76% afirman que están considerando cambiarse de empleo por este hecho y el 72% utiliza transporte público para acudir a su trabajo.

Combinando esta información con la obtenida en el estudio de la empresa IBM (2010) realizada a 8,192 automovilistas en 20 ciudades de los cinco continentes llamado IBM Commuter Pain Survey. Los encuestados afirman que el tráfico ha empeorado en los últimos tres años. Este estudio demostró que el 57% de los encuestados afirmaban que el tráfico afecta su salud, 29% mencionan que afecta su desempeño laboral y escolar. Pero también afecta en la calidad de vida de las personas, porque si el tráfico fuera más fluido podría pasar más tiempo con sus familias y/o amigos, podrían practicar más actividades recreativas, dormirían más y serían más eficientes en el trabajo.

Según estudios realizados en el Hospital de Harvard Medical School (2012), el estrés generado por las largas horas de espera al día en el tráfico no es el único problema que genera en la salud la congestión vehicular, también provoca problemas físicos y en las relaciones interpersonales.

Con respecto a los problemas de salud, las partículas de dióxido de carbono que se inhalan durante las largas horas de traslado en vehículos

producen problemas en el sistema respiratorio, también aumentan la probabilidad de tener problemas cardíacos o hasta de sufrir un infarto.

Por otro lado, hay problemas más notorios como el estrés, antes mencionado, causado por la ansiedad a estar largas horas expuesto al tráfico y la obesidad a causa de la falta de actividad física. A causa del tráfico las personas suelen sentir cansancio, agotamiento y hasta enojo antes de iniciar sus jornadas laborales. Esto puede reducir su concentración y eficiencia al desempeñar sus funciones laborales, lo cual puede perjudicar la rentabilidad de las empresas.

Según investigaciones el estrés y el malestar generado por el tráfico no sólo se debe a las largas horas de espera, sino también por los malos e imprudentes conductores, ¿quién no ha renegado nunca mientras maneja? a todos les ha pasado y si este mal humor perdura por largas horas puede traer problemas en el hígado.

Después de ver todos los efectos que tiene el tráfico vehicular en las personas se puede sobre entender que las personas se pueden sentir mal mientras manejan. Pueden sentir: estrés, cansancio, frustración, etc. y a causa de esto tener un accidente. También puede suceder por no contar con la infraestructura adecuada y por reparos de vías inoportunas. En Lima diariamente ocurren accidentes de tráfico y la siguiente tabla lo demuestra. (Arroyo, 2019, pp 16-18).

2.2.1.5. Accidentes automovilísticos

Un accidente de tráfico o un accidente de tránsito vehicular o accidente vial o accidente automovilístico o siniestro de tráfico es el perjuicio ocasionado a una persona o bien material, en un determinado trayecto de movilización o transporte, debido (mayoritaria o generalmente) a la acción riesgosa, negligente o irresponsable de un conductor, de un pasajero o un peatón, pero muchas veces también a fallos mecánicos repentinos, errores de transporte de carga, a condiciones ambientales desfavorables y a cruce de animales durante el tráfico o incluso a deficiencias en la estructura de tránsito (errores de señaléticas y de ingeniería de caminos y carreteras). (Arroyo, 2019, pp 18).

2.2.1.6. Tipos:

Solo puede hablarse de accidente involuntario cuando se alude a la parte pasiva de la acción, es decir, a quien se involucra en un accidente de tránsito sin poder soslayarlo. Porque, salvo la intervención de la naturaleza, gran parte de los accidentes son predecibles y evitables (**Gonzales, J. & Morales, R., 2013**).

Un porcentaje menor de ellos se debe a fallas de fabricación de vehículos, lo cual no excluye atribuirles un error humano consciente. Posteriores investigaciones de estos incidentes han corroborado esta afirmación.

-Los accidentes de tráfico tienen diferentes escalas de gravedad, el más grave se considera aquel del que resultan víctimas mortales, bajando la escala de gravedad cuando hay heridos graves, heridos leves, y el que origina daños materiales a los vehículos afectados.

-Siempre hay una causa desencadenante que produce un accidente, que se puede agravar de forma considerable si por el resultan afectadas otras personas, además de la persona que lo desencadena. (Arroyo, 2019, pp 18-19).

-Así mismo, un accidente puede verse agravado si no se ha hecho uso adecuado de los medios preventivos que no lo evitan, pero reducirían su gravedad. Por ejemplo, no llevar ajustado el cinturón de seguridad o no llevar puesto el casco si se conduce una motocicleta.

Figura 4

Tráfico y accidentes vehiculares en las avenidas Metropolitanas I y II.



Fuente: (Propia, 2016)

Tabla 1

Información de accidentes de tránsito registrados en la jurisdicción de la PNP de El Alambre.

Item	ACCIDENTES DE TRANSITO 2016 EN LA AVENIDA METROPOLITANA												
	FECHA DEL ACCIDENTE	CLASE DE VEHICULO	UBICACIÓN EXACTA DEL ACCIDENTE (CALLE, CUADRA, AV. PSJE, ETC)	HORA DEL ACCIDENTE	CLASE DE ACCIDENTE	CAUSAS	MUERTOS		HERIDOS		EDAD DE LOS CONDUCTORES	TIPO DE TRANSPORTE	
							FEMENINO	MASCULINO	FEMENINO	MASCULINO		PUBLICO	PARTICULAR
1	01/01/2016	MENOR	AV. METROPOLITANA 02 (UPN)	08:40	Despiste con lesiones	VICTIMA DE IMPRUDENCIA	0	0	0	1	33 AÑOS	0	1
2	14/01/2016	MAYOR	AV. METROPOLITANA 01 URB. SAN ISIDRO	10:00	Atropello	EXCESO DE VELOCIDAD	0	0	0	1	31 AÑOS	1	0
3	19/01/2016	MAYOR/MENOR	AV. METROPOLITANA (CLUB SAPOSOA)	11:00	Choque con lesiones	IMPRUDENCIA TEMERARIA	0	0	1	0	18/33 AÑOS	1	1
4	23/01/2016	MAYOR	AV. NICOLAS DE PIEROLA Y METROPOLITANA	17:00	Choque con lesiones	EXCESO DE VELOCIDAD	0	0	0	1	54/31 AÑOS	1	1
5	31/01/2016	MENOR	AV. METROPOLITANA (KR)	20:30	Despiste con lesiones	EXCESO DE VELOCIDAD	0	0	1	1	23 AÑOS	0	1
6	13/02/2016	MAYOR	AV. METROPOLITANA Y ESPINELA	10:55	Choque con lesiones	IMPRUDENCIA TEMERARIA	0	0	0	2	20/54 AÑOS	2	0
7	19/02/2016	MAYOR	AV. METROPOLITANA 2 Y MANSICHE	12:40	Choque	IMPRUDENCIA TEMERARIA	0	0	0	0	43/36 AÑOS	1	1
8	14/03/2016	MENOR	AV. METROPOLITANA 2	21:00	Atropello	EXCESO DE VELOCIDAD	0	0	0	1	21 AÑOS	0	1
9	23/03/2016	MENOR	AV. METROPOLITANA 1	12:00	Despiste con lesiones	VICTIMA DE IMPRUDENCIA	0	0	0	1	31 AÑOS	0	1
10	09/04/2016	MAYOR	AV. METROPOLITANA (KR)	18:55	CHOQUE LESIONES	IMPRUDENCIA TEMERARIA	0	0	0	1	38/30 AÑOS	0	2
11	19/04/2016	MAYOR/MENOR	AV. MANSICHE CON METROPOLITANA	12:55	CHOQUE LESIONES	IMPRUDENCIA TEMERARIA	0	0	0	1	26/26 AÑOS	0	2
12	23/04/2016	MAYOR	AV. METROPOLITANA I (M.Z. C) SAN ISIDRO	20:05	ATROPELLO	EXCESO DE VELOCIDAD	0	0	0	1	43 AÑOS	0	1
13	26/04/2016	MAYOR/MENOR	AV. METROPOLITANA MZ. J	15:50	CHOQUE LESIONES	EXCESO DE VELOCIDAD	0	0	0	1	55/34 AÑOS	1	1
14	01/05/2016	MAYOR	AV. METROPOLITANA I Y 2	10:05	CHOQUE	EXCESO DE VELOCIDAD	0	0	0	0	40/22 AÑOS	1	1
15	15/05/2016	MAYOR/MENOR	AV. NICOLAS DE PIEROLA Y METROPOLIT	08:00	CHOQUE LESIONES	IMPRUDENCIA TEMERARIA	0	0	0	1	27/25 AÑOS	0	2
16	06/06/2016	MAYOR	AV. METROPOLITANA (MENTES BRILLANT)	08:50	ATROPELLO LESION	IMPRUDENCIA DEL PEATON	0	0	1	0	21	0	1
17	24/06/2016	MAYOR	AV. METROPOLITANA Y AMERICA NORTE	17:10	CHOQUE Y FUGA	VICTIMA DE LA IMPRUDENCIA	0	0	0	0	44	1	0
18	04/07/2016	MAYOR/MENOR	AV. METROPOLITANA II Y MZ. B SAN ISIDRO	15:20	CHOQUE LESIONES	EXCESO DE VELOCIDAD	0	0	1	0	42/30 AÑOS	0	2
19	05/07/2016	MAYOR/MENOR	AV. METROPOLITANA Y CALLE ORO SAN ISIDRO	11:45	CHOQUE LESIONES	EXCESO DE VELOCIDAD	0	0	0	2	47/21 AÑOS	0	2
20	07/07/2016	MAYOR/MENOR	AV. METROPOLITANA Y MANSICHE	00:30	CHOQUE LESIONES	FALLA DE SEMAFORO	0	0	0	2	20/20 AÑOS	1	1
21	13/07/2016	MAYOR	AV. METROPOLITANA	07:15	DESPISTE LESIONES	IMPRUDENCIA TEMERARIA	0	0	0	1	21 AÑOS	0	1
22	13/07/2016	MAYOR/MENOR	AV. METROPOLITANA MZ. F SAN ISIDRO	07:25	CHOQUE LESIONES	IMPRUDENCIA DEL CONDUCTOR	0	0	0	0	31/36 AÑOS	1	1
23	31/07/2016	MAYOR	AV. METROPOLITANA I Y II SAN ISIDRO	18:00	CHOQUE Y FUGA	VICTIMA DE IMPRUDENCIA	0	0	0	0	24 AÑOS	0	1
24	13/08/2016	MENOR	AV. METROPOLITANA (HOTEL OLIMPO)	09:00	DESPISTE LESIONES	EXCESO DE VELOCIDAD	0	0	1	0	21 AÑOS	0	1
25	15/08/2016	MAYOR	AV. METROPOLITANA Y CALLE COBRE	04:50	CHOQUE Y FUGA	IMPRUDENCIA TEMERARIA	0	0	0	0	31 AÑOS	0	1
26	24/08/2016	MAYOR/MENOR	AV. METROPOLITANA MZ. J	15:30	CHOQUE LESIONES	EXCESO DE VELOCIDAD	0	0	2	0	45/36 AÑOS	1	1
27	03-set-16	MAYOR/MENOR	AV. MANSICHE CON METROPOLITANA	17:55	CHOQUE LESIONES	MALA SEÑALIZACION DEL SEMAF	0	0	1	0	26/34 AÑOS	0	2
28	04-set-16	MENOR	AV. METROPOLITANA CDRA. 2 SAN ISIDRO	21:00	DESPISTE LESIONES	VICTIMA DE IMPRUDENCIA	0	0	2	0	28 AÑOS	0	1
29	16-set-16	MAYOR	AV. NICOLAS DE PIEROLA Y METROPOLITANA	12:40	CHOQUE Y FUGA	VICTIMA DE IMPRUDENCIA	0	0	1	0	59 AÑOS	0	1
30	26-set-16	MAYOR	AV. METROPOLITANA CDRA. 2 SAN ISIDRO	17:15	CHOQUE	IMPRUDENCIA TEMERARIA	0	0	0	0	48/31 AÑOS	2	0
31	27-set-16	MAYOR/MENOR	AV. METROPOLITANA COLEGIO SALLE	14:00	CHOQUE LESIONES	IMPRUDENCIA TEMERARIA	0	0	1	0	25/63 AÑOS	0	2
32	30-set-16	MAYOR	AV. METROPOLITANA MZ. C SAN ISIDRO	08:30	CHOQUE	EXCESO DE VELOCIDAD	0	0	0	0	27/36 AÑOS	1	1
33	10/10/2016	MAYOR	AV. METROPOLITANA MZ. P I SAN ISIDRO	07:30	ATROPELLO	IMPRUDENCIA TEMERARIA	0	0	1	0	40 AÑOS	1	0
34	15/10/2016	MAYOR	AV. METROPOLITANA CON NICOLAS DE PIER	15:00	CHOQUE LESIONES	IMPRUDENCIA TEMERARIA	0	0	0	0	23/40 AÑOS	1	1
35	17/10/2016	MAYOR/MENOR	AV. METROPOLITANA II MZ. J SAN ISIDRO	17:40	CHOQUE LESIONES	EXCESO DE VELOCIDAD	0	0	1	1	22/36 AÑOS	1	1
36	24/10/2016	MENOR	AV. METROPOLITANA II URB. SAN ISIDRO	14:00	DESPISTE Y LESIONES	EXCESO DE VELOCIDAD	0	0	0	1	25 AÑOS	0	1
37	01/11/2016	MAYOR	AV. MANSICHE CON AV. METROPOLITANA	11:30	DESPISTE Y LESIONES	EXCESO DE VELOCIDAD	0	0	1	0	34 AÑOS	0	1
38	22/11/2016	MAYOR/MENOR	AV. METROPOLITANA -SAN ISIDRO	08:30	CHOQUE (LESIONES - DAÑO)	EXCESO DE VELOCIDAD	0	0	0	1	46-34	0	2
39	26/11/2016	MAYOR	AV. AMERICA OESTE-MALL PLAZA	19:40	CAIDA DE PASAJEROS	IMPRUDENCIA TEMERARIA	0	0	1	0	27	1	0
40	30/11/2016	MAYOR	AV. METROPOLITANA 01 Y02	16:00	ATROPELLO	EXCESO DE VELOCIDAD	0	0	1	1	74 AÑOS	0	1
41	01/12/2016	MAYOR	AV. METROPOLITANA 01 Y 02	15:20	CHOQUE Y FUGA	VICTIMA DE IMPRUDENCIA	0	0	1	0	28 AÑOS	0	1
42	08/12/2016	MAYOR/MENOR	AV. METROPOLITANA Y JR. ESPINELA	15:43	CHOQUE LESIONES	IMPRUDENCIA TEMERARIA	0	0	0	1	22/36 AÑOS	2	1
43	14/12/2016	MAYOR/MENOR	AV. METROPOLITANA NRO. 01	19:45	CHOQUE Y FUGA	EXCESO DE VELOCIDAD	0	0	0	1	61 AÑOS	0	1
TOTAL							0	0	18	24		21	45

Fuente: (PNP, 2017)

Tabla 2

Accidentes de tránsito correspondiente al 2017 en la avenida Metropolitana.

Item	ACCIDENTES DE TRANSITO CORRESPONDIENTE AL 2017 EN LA AVENIDA METROPOLITANA											
	FECHA DEL ACCIDENTE	CLASE DE VEHICULO	UBICACIÓN EXACTA DEL ACCIDENTE (CALLE, CUADRA, AV. PSJE, ETC)	HORA DEL ACCIDENTE	CLASE DE ACCIDENTE	CAUSAS	MUERTOS		HERIDOS		EDAD DE LOS CONDUCTORES	TIPO DE TRANSPORTE
							FEMENINO	MASCULINO	FEMENINO	MASCULINO		
1	04-Ene-17	MENOR	AV.METROPOLITANA (MACKRO)	09:20	DESPISTE	VICTIMA DE IMPRUDENCIA	0	0	0	1	30 AÑOS	PART
2	18-Ene-17	LIVIANO	AV. METROPOLITANA I	22:55	CHOQUE CON LESIONES	IMPRUDENCIA TEMERARIA	0	0	1	0	73 AÑOS	PART
3	22-Ene-17	LIVIANO/ME	AV. METROPOLITANA I Y II	11:20	CHOQUE CON LESIONES	IMPRUDENCIA TEMERARIA	0	0	1	1	44 AÑOS	PART
4	15-Feb-17	LIVIANO	AV METROPOLITANA	03:16	DESPISTE CON LESIONES	IMPRUDENCIA TEMERARIA	0	0	0	1	73 AÑOS	PUBL/PAR
5	19-Feb-17	MENOR	AV METROPOLITANA	16:30	DESPISTE CON LESIONES	IMPRUDENCIA TEMERARIA	0	0	0	1	25 AÑOS	CARGA/PART
6	27-Feb-17	MENOR	AV METROPOLITANA	18:30	VOLCADURA CON LESION	VICTIMA DE IMPRUDENCI	0	0	0	1	26 AÑOS	PUBL/PART
7	05-Mar-17	MENOR	AV METROPOLITANA AV NICOLAS DE PIEROLA	20:50	VOLCADURA CON LESION	IMPRUDENCIA TEMERARIA	0	0	1	1	30 AÑOS	PART
8	16-Mar-17	MENOR	AV METROPOLITANA	18:10	CHOQUE CON DAÑOS MA	EXCESO DE VELOCIDAD	0	0	0	1	44 AÑOS	PUBL/PAR
9	18-Abr-17	liviano	av. Metropolitana y nicolas de pierola	12:00	choque y fuga	VICTIMA DE IMPRUDENCIA	0	0	0	0	26	PART
10	27-Abr-17	liviano	av. Mansiche con Metropolitana	14:48	CHOQUE	IMPRUDENCIA TEMERARIA	0	0	0	0	34	PART
11	01-May-17	liviano	av. Nicolas de pierola y metropolitana	16:40	choque daños materiales	IMPRUDENCIA TEMERARIA	0	0	0	0	74/27	PUBL/PART
12	03-May-17	menor	av. Metropolitana II (Macro)	17:53	despiste con lesiones	IMPRUDENCIA TEMERARIA	0	0	0	1	28	PART
13	05-May-17	liviano	av. Metropolitana y nicolas de pierola	20:05	choque con lesiones	EXCESO DE VELOCIDAD	0	0	0	1	47/25/38	PUBL/PART
14	08-May-17	menor	av. Metropolitana I y Metropolitana I	07:30	volcadura	EXCESO DE VELOCIDAD	0	0	0	1	44	PART
15	15-May-17	menor/liviano	av. Metropolitana cdra. 10	17:00	choque daños materiales	IMPRUDENCIA TEMERARIA	0	0	0	1	56/31	PART
16	23-May-17	menor	av. Metropolitana	16:48	despiste con lesiones	IMPRUDENCIA TEMERARIA	0	0	0	1	21	PART
17	26-May-17	mayor/liviano	av. Tupac amaru con metropolitana	19:50	choque	IMPRUDENCIA TEMERARIA	0	0	0	0	65/21	PART
18	27-May-17	menor/liviano	av. Metropolitana con espínola	10:30	choque con lesiones	IMPRUDENCIA TEMERARIA	0	0	0	1	45/22	PART
19	06-Jul -17	ano	av. Metropolitana II mz. E	13:30	choque con lesiones	EXCESO DE VELOCIDAD	0	0	0	1	24/40	PART/PART
20	08-Jul -17	ano	avenida metropolitana II	18:00	choque con lesiones	EXCESO DE VELOCIDAD	0	0	1	1	34/44	PART
21	19-Jul -17	liviano	metropolitana	13:20	atropello	TEMERARIA	0	0	1	0	54	PART
22	31-Jul -17	ano	av. Metropolitana y villareal	02:40	choque con lesiones	EXCESO DE VELOCIDAD	0	0	1	1	35/43	PART
23	13-Ago-17	menor	av. Metropolitana II	10:30	despiste con lesiones	TEMERARIA	0	0	0	1	46	PART
24	31-Ago-17	menor	av. Metropolitana II cdra 2	10:35	volcadura con lesiones	EXCESO DE VELOCIDAD	0	0	0	2	41	PART
25	31-Ago-17	menor	av. Metropolitana cdra 44	20:30	atropello	IMPRUDENCIA	0	0	0	1	23	PART
26	04-Set-17	liviano	av. Metropolitana II	12:50	atropello	IMPRUDENCIA	0	0	1	0	56	PART
27	12-Set-17	liviano	metropolitana	07:00	choque y fuga	IMPRUDENCIA	0	0	0	0	55	PART
28	14-Set-17	liviano	av. Metropolitana II	08:25	materiales	EXCESO DE VELOCIDAD	0	0	0	0	33	PART
29	19-Set-17	nor	av. Metropolitana urb. Sa n isidro	16:30	choque con lesiones	EXCESO DE VELOCIDAD	0	0	0	1	20	PART
30	21-Set-17	liviano	av. Metropolitana	11:00	materiales	EXCESO DE VELOCIDAD	0	0	0	0	28	PART
31	25-Set-17	menor	metropolitana	07:50	despiste	EXCESO DE VELOCIDAD	0	0	0	1	30	PART
32	06-Oct-17	menor/liviano	Av.Metropolitana II MZ. J1	16:30	choque	IMPRUDENCIA TEMERARIA	0	0	0	1	23/19	PART
33	11-Oct-17	mayor	Av.Metropolitana II	11:00	materiales	VICTIMA DE IMPRUDENCIA	0	0	0	0	36/26	PUBL
34	23-Oct-17	menor	Av.Metropolitana II	11:30	despiste con lesiones	IMPRUDENCIA TEMERARIA	0	0	1	0	49	PART
35	23-Oct-17	may/liviano	Av.Calle 27 con	16:00	choque con lesiones	EXCESO DE VELOCIDAD	0	0	0	2	44/28	PART
36	04-Nov-17	menor	Av.Mansiche con intersección Av.Metr	10:40	despiste con lesiones	EXCESO DE VELOCIDAD	0	0	1	0	30	PART
37	13-Nov-17	menor	Av.Metropolitana II	15:30	choque y fuga	VICTIMA DE IMPRUDENCIA	0	0	1	0	49	PART
38	21-Nov-17	mayor/liviano	Av.Nicolas De Pierola y Metropolitana	08:10	choque con lesiones	EXCESO DE VELOCIDAD	0	0	0	1	35/23	PART
39	27-Nov-17	menor	Av.Metropolitana	14:10	choque y fuga	EXCESO DE VELOCIDAD	0	0	1	0	30	PART
40	15-Dic-17	mayor/liviano	Av.Metropolitana II con calle	07:00	choque con lesiones	EXCESO DE VELOCIDAD	0	1	0	1	52/27	PART
41	16-Dic-17	mayor/liviano	Av.Metropolitana	18:40	choque con lesiones	EXCESO DE VELOCIDAD	0	0	1	1	42/35	PART
42	20-Dic-17	mayor/liviano	Av.Metropolitana	16:50	choque con lesiones	EXCESO DE VELOCIDAD	0	0	0	1	57/22	PART
43	25-Dic-17	mayor/liviano	Av.Metropolitana Mz 1 Lt 1	17:20	choque con lesiones	EXCESO DE VELOCIDAD	0	0	0	1	51/38	PART
							0	1	5	8		

Fuente: (PNP, 2017)

Tabla 3

Cuadro estadístico de accidentes de tránsito registrados en las 18 comisarías PNP de la provincial de Trujillo.

COMISARIA	2016 - PROVINCIA - 18 COMISARIAS				2017 - PROVINCIA - 18 COMISARIAS			
	FALLECIDOS		HERIDOS		FALLECIDOS		HERIDOS	
	H	M	H	M	H	M	H	M
CPNP AYACUCHO	0	0	60	68	2	0	51	54
CPNP LA NORIA	1	3	91	357	5	1	232	218
CPNP EL ALAMBRE	0	2	178	265	1	1	141	260
CPNP JERUSALEN	0	0	76	97	0	0	151	278
CPNP BELLAVISTA	3	2	203	189	4	2	187	148
CPNP FLORENCIA DE MORA	1	4	49	170	1	37	98	148
CPNP SANCHEZ CARRION	0	0	34	54	0	0	47	108
CPNP NICOLAS ALCAZAR	2	1	70	60	0	0	90	86
CPNP ALTO TRUJILLO	0	1	13	34	0	1	12	63
CPNP EL MILAGRO	0	2	1	88	1	1	23	41
CPNP SALAVERRY	0	0	23	28	0	1	22	9
CPNP MIRAMAR	2	3	38	80	5	1	17	26
CPNP MOCHE	0	4	56	105	9	11	86	123
CPNP LAREDO	1	0	89	39	0	2	15	44
CPNP BUENOS AIRES	37	62	99	93	0	21	38	54
CPNP HUANCHACO	0	3	33	56	1	1	23	49
CPNP POROTO	0	3	20	39	0	0	11	17
CPNP SIMBAL	0	4	4	5	1	1	5	4
TOTAL	47	94	1137	1827	30	81	1249	1730
			141	2964		111	2979	

Fuente: (PNP, 2017)

2.2.1.7. Vehículo particular.

Los vehículos particulares se definen como aquellos que están, registrados a nombre de una persona, no está sujeto a rutas, no depende de horarios, la velocidad es comodidad del viajero. Se clasifican en automotores que son aquellos que cuentan con medios de propulsión mecánico, propio o independiente, y de tracción de sangre que son aquellos cuya fuerza de propulsión proviene del ser humano o bestia de tiro.

La congestión vehicular se produce cuando el volumen de vehículos en la vía genera una demanda de espacio mayor que el disponible en la carretera. Hay una serie de circunstancias específicas que causan o agravan la congestión, entre las cuales se pueden mencionar las siguientes:

El incremento descontrolado del número de vehículos nuevos al elevarse el poder adquisitivo, acceso a créditos, reducción de precios de venta, crecimiento de la población, menos habitantes por hogar y escasa aplicación de políticas estructuradas en el transporte urbano.

El uso indiscriminado de los vehículos para satisfacer la necesidad de acceder a sitios en que se llevan a cabo distintas actividades. La concentración de viajes por rutas específicas.

El inadecuado diseño o mantenimiento de la viabilidad es causa de una congestión innecesaria. Se pueden encontrar inesperados cambios en el número de carriles, paraderos de buses ubicados justamente donde se reduce el ancho de la calzada y otras deficiencias que entorpecen la fluidez del tránsito. (Arroyo, 2019, pp 19-20).

2.2.1.8. Transporte público.

El transporte público, término aplicado para el transporte masivo de pasajeros.

Las unidades a cargo cuentan con horarios y rutas específicas. El transporte público puede ser proporcionado por una o varias empresas privadas o por consorcios de transporte público.

En los sistemas de transporte público, la demanda está dada por las personas y la oferta está dada por los vehículos, la infraestructura, los servicios y los operadores. (Arroyo, 2019, pp 20).

2.2.1.9. Transporte público urbano

Permite el desplazamiento de las personas de un punto a otro en el área de una ciudad y es, por tanto, parte esencial de las ciudades. Reduce el impacto ambiental, ya que se usan menos automóviles para el transporte de personas.

Entre ellos se tiene:

- **El autobús.** Son prácticos y eficientes en rutas de corta y media distancia, siendo frecuentemente el medio de transporte más usado a nivel de transportes públicos, por constituir una opción económica. Las empresas de transporte establecen una ruta basada en un número aproximado de pasajeros en el área a ser tomada. Una vez que se establece la ruta, se construyen las paradas de autobuses a lo largo de esa ruta.
- **El taxi.** Son cómodos y ágiles, suelen usarse para llegar a destinos específicos determinados por el pasajero y el conductor; son vehículos de alquiler con un conductor, que se utiliza en el servicio de transporte de uno o un grupo pequeño de pasajeros dirigidos a diferentes destinos por contrato o dinero.

Durante la planificación de un sistema de transporte público urbano, se debe tener en cuenta su eficiencia, para permitir a sus usuarios tomar el mínimo de rutas posibles o recorrer la menor distancia posible. El sistema necesita también ser económicamente viable para sus usuarios. (Arroyo, 2019, pp 20-21).

2.2.3. Factores:

- Factor humano: Los factores humanos: son la causa de mayor porcentaje de accidentes de tránsito. Pueden convertirse en agravantes a la culpabilidad del conductor causante, según la legislación de tránsito del país.
- Conducir bajo los efectos del alcohol: Mayor causa de accidentes, medicinas y estupefacientes.

- Realizar maniobras imprudentes: Omisión por parte del conductor.
- Efectuar adelantamientos en lugares prohibidos: (choque frontal muy grave).
- Atravesar un semáforo en rojo: Desobedecer las señales de tránsito.
- Circular por el carril contrario: (en una curva o en un cambio de rasante).
- Conducir a excesiva velocidad: (produciendo vuelcos, salida del automóvil de la carrera, derrapes).
- Uso inadecuado de las luces del vehículo, especialmente en la noche.
- Condiciones no aptas de salud física y mental/emocional del conductor o del peatón (ceguera, daltonismo, sordera, etc.).
- Peatones que cruzan por lugares inadecuados, juegan en carreteras, lanzan objetos resbaladizos al carril de circulación (aceites, piedras)
- Inexperiencia del conductor al volante.
- Fatiga del conductor como producto de la apnea o falta del sueño.
- Vehículo en condiciones no adecuadas para su operación (sistemas averiados de frenos, dirección suspensión).
- Mantenimiento inadecuado del vehículo.
- Semáforo que funciona incorrectamente. (Arroyo, 2019, pp 21-22).

2.2.4. Factores de la congestión vehicular

2.2.4.1 Cultura vial. Según **Camacho & Cabrera, (2009)**: La cultura vial, desde una perspectiva antropológica, es la manera como los seres humanos viven, sienten, piensan y actúan en, desde y para el cotidiano de los espacios de movilización y desplazamiento.

Contraria a una concepción determinista, desde la perspectiva antropológica es incorrecto afirmar que una población, comunidad o sociedad “carece” de cultura vial. Así:

- Todas las sociedades y comunidades tienen diferentes maneras de vivir, sentir, pensar y actuar en los espacios de movilización.
- La cultura vial es la expresión de la forma en que las gentes de una sociedad o comunidad se relacionan en las vías.
- La cultura vial de una sociedad o comunidad no es mala ni buena por sí sola, simplemente existe y es. Lo correcto es hablar de culturas viales, teniendo en cuenta que las sociedades y comunidades son diferentes entre sí.

Esas maneras de relacionarse con y en las vías pueden aunarse a factores espaciales, pedagógicos, tecnológicos y mediáticos, para conformar un verdadero sistema de prevención de accidentes de tránsito y protección de la vida. O también pueden fomentar, propiciar o permitir que los accidentes ocurran.

Sin embargo, la cultura vial es susceptible de modelarse y moldearse facilitando la apropiación del territorio, la circulación, los ritmos y los flujos de peatones y vehículos que protejan la salud y la vida junto con la creación de entornos aptos para el tránsito que minimicen los riesgos y permitan el disfrute de la movilidad.

Figura 5

Tráfico y accidentes vehiculares en las avenidas Metropolitanas I y II.



Fuente: Camacho-Cabrera (2009)

Los autores, Alonso, Esteban, Calatayud, Medina, Montoro & Egido (2003): Si hablamos de educación y formación vial, no somos los primeros que lo hacemos. Antes de que cualquiera de nosotros pensáramos en ello ya hubo otros que lo hicieron. No en vano, la práctica de estas dos estrategias, utilizadas para mitigar los accidentes de tráfico, es tan antigua casi como la propia existencia del tráfico. Sin embargo, el hecho de que exista una tradición y experiencia en su práctica, no quiere decir, que sus formas de aplicación hayan llegado a culminar el cumplimiento de los objetivos aludidos para las que fueron desarrolladas. Si así hubiera sido, no tendría sentido seguir trabajando y profundizando en esta línea.

Por ello, si nosotros tuviéramos que calificar la educación y la formación vial, en lo que se refiere a nuestro país, en términos docentes, lo haríamos como una “asignatura pendiente”.

Y hemos utilizado esta metáfora, no de forma arbitraria, sino por lo que de ella se deriva. Así, podemos afirmar que es una asignatura existente, que todavía no hemos aprobado, pero que tenemos que superar si queremos conseguir nuestros objetivos de lograr reducir significativamente la accidentalidad viaria.

Y analizamos no alcanza sus objetivos, nos damos cuenta de que existen muchas características, que podemos observar en la realidad de su práctica, que indefectiblemente tienen que conducirle al fracaso. De entre estas características podríamos destacar en el caso de la educación vial, su baja aplicación en el marco de los colegios, su casi nula aplicación en el resto de etapas no correspondientes con las edades de escolarización, su orientación metodológica en ocasiones equivocada y en ocasiones inexistente, su fundamentación, de la cual podemos predicar exactamente lo mismo, etc.

Del caso de la formación vial podríamos predicar casi exactamente lo mismo en lo que se refiere a la orientación metodológica y su fundamentación. En efecto, si analizamos muchas de las intervenciones que se realizan en nuestro país sobre educación y formación vial, éstas carecen de la suficiente fundamentación científica, cuando no de una evaluación seria sobre su eficacia, (más que en otros países donde también se produce tanto la falta de fundamentación científica como la ausencia de evaluaciones).

Unidad de conversión patrón. Es una cantidad estandarizada de una determinada magnitud física, definida y adoptada por convención o por ley.

A efectos de uniformizar el registro de datos de los aforos vehiculares para los modos de transporte público y privado, se utiliza factores de conversión a UCP. (Arroyo, 2019, pp 22-25).

Tabla 4

Factores de conversión UCP.

TIPO DE VEHÍCULO	FACTOR UCP
Auto	1.00
Camioneta Rural	1.30
Microbús	2.00
Ómnibus	3.00
Bus Interprovincial	3.50
Camión Pesado	3.00
Moto	0.50

Fuente: Noriega, 2014

2.2.4.2. Consecuencias de la congestión vehicular. El impacto social, económico y ambiental a consecuencia de la congestión.

2.2.4.3. vehicular resulta ser perjudicial. La principal consecuencia es la pérdida de tiempo, que genera retrasos para llegar a los diferentes destinos; además la incapacidad de predecir el tiempo de viaje, que obliga salir más temprano y contar con menos tiempo en actividades productivas. -Los vehículos tienden a desgastarse como consecuencia del lento paso, y la frecuencia de aceleración y frenado, a esto se suma el desperdicio de combustible, que aumenta la contaminación en el aire y las emisiones de CO₂.

-Entorpece el paso de unidades de emergencia (bomberos, ambulancias, policías, etc.).

Según CEPAL (2003):

Para limitar los efectos de la congestión, hay personas que cambian de conducta, adoptando hábito que, idealmente, no serían de su preferencia, como salir de la casa muy temprano para adelantarse a los momentos de mayor congestión o residir en las cercanías del lugar de trabajo.

A lo señalado deben agregarse otras serias consecuencias que afectan

severamente las condiciones de la vida urbana, entre las que se cuentan la incrementada contaminación del aire provocada por el consumo de combustibles en vehículos que circulan en un tránsito convulsionado a baja velocidad, los mayores niveles de ruido en el entorno de las vías principales, la irritabilidad causada por la pérdida de tiempo y el aumento del estrés por conducir inmerso en una masa vehicular excesiva. Estos otros resultados de la congestión pueden ser difíciles de cuantificar, pero no por ello deben ignorarse, ya que son agravantes de una situación seria. (p.40).

2.2.4.4. Efectos económicos.

Para determinar los efectos económicos como consecuencia de la congestión vehicular, es necesario asignar una unidad medible y familiarizada en términos ingenieriles. La unidad es expresada como hora-hombre.

Hora - hombre

Es una unidad de estimación de esfuerzo necesario para realizar una tarea, cuya unidad equivale a una hora de trabajo ininterrumpido de un trabajador.

Es usado en documentos que realizan estimaciones temporales de proyectos para indicar la cantidad de tiempo de labor.

Los cálculos realizados con la hora-hombre permiten establecer costos de mano de obra directa de un proceso. También es útil para determinar la eficiencia o las mejoras en eficiencia logradas en los procesos.

Horas-Hombre = Número de personas en la actividad * Cantidad de horas de viaje.

- Efectos ambientales.

Para determinar los efectos ambientales como consecuencia de la congestión vehicular, se tiene en cuenta la emisión de CO₂ de los vehículos.

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, (2005, s/p) dice: "Las emisiones de CO₂ originadas por actividades humanas proceden de diversas fuentes, en su mayor parte de la combustión de combustibles fósiles utilizados en la generación de

energía, el transporte, los procesos industriales, y los edificios residenciales y comerciales”.

- **Accidentes de tránsito.** Es un acontecimiento que ocurre sobre la vía y se presenta de manera súbita e inesperada, a causa de condiciones y actos irresponsables potencialmente previsibles, atribuidos a factores humanos, vehículos, condiciones climáticas y señalización, los cuales ocasionan muertes prematuras y/o lesiones, así como secuelas físicas o psicológicas, prejuicios materiales y daños a terceros, las clases de accidentes son:

-Choque

Se entiende por el impacto de un o más vehículos en movimiento.

-Choque y fuga

Se entiende por el impacto de un o más vehículos en movimiento, pero uno o más responsables abandonan la escena.

-Atropello

Es la acción en la que uno o varios peatones son arrollados por un vehículo en movimiento.

-Despiste

Se entiende por un movimiento brusco que desvía un vehículo de su dirección.

2.2.4.5. Periodos de conteo. El periodo de conteo no debe comprender condiciones en las que se presenten eventos especiales, a menos que se desee estudiar específicamente esa situación. Algunos de los periodos más usados son los siguientes:

-Conteo de 3 días: comprenden conteos de 14 horas durante tres días consecutivos, preferibles martes, miércoles y jueves, de una semana cualquiera.

-Conteo de 12 horas: se realizan normalmente en el periodo siete de la mañana a siete de la noche.

-Conteo en periodos pico: comprenden los periodos de mayor demanda del tránsito.

Otro gran problema de la ciudad de Trujillo es la informalidad del transporte público, el cual comenzó en los años 90. Los buses son manejados por empresas que no cumplen con las leyes y que permiten a cualquier persona conducir estos vehículos. Esto no sólo sucede en buses también en taxis, cualquier individuo puede poner su cartel de taxi y nadie tiene el 100% de seguridad al subir a ellos. En ambos casos sucede que estos vehículos paran en cualquier lugar a recoger personas, pero también hay que reconocer que no existen lugares apropiados y autorizados para detenerse. Aunque estos existan los mismos pasajeros hacen caso omiso y exigen que los autos paren donde ellos se encuentran en lugar de caminar hasta los lugares permitidos. Pero muy pocos saben cuál es el mayor problema a esta informalidad, está a causado 30,000 muertes en los últimos 10 años, equivalente a la caída de 100 aviones (**Ramírez, 2016, párr. 2**).

Las personas en general cuando observan el tráfico en las calles sólo ven lo más notorio como: gente irrespetuosa, tumultos de vehículos y personas, embotellamientos, ruido, enojo, entre otras; pero no ven más allá, este problema ya no sólo afecta a las personas que manejan ni ocurre sólo en horas determinadas. Está afectando a toda la población, porque todos necesitan movilizarse tanto como para ir al trabajo, colegio, universidad, centros de estudio, como para hacer las tareas cotidianas como: hacer las compras de la comida, ir al banco, realizar trámites o simplemente pasear y salir de casa.

Es importante recalcar que el tráfico en las calles de Trujillo muestra un problema mayor, la falta de educación reflejada en la ausencia de valores en las personas, ya que no es humana la manera como se tratan entre ellos, no sólo entre las personas que manejan sino también con los transeúntes y pasajeros.

Por otro lado, el que las personas tarden más tiempo en trasladarse, no es el único problema que está causando la congestión vehicular de la ciudad, también está perjudicando directamente la salud. Como informo el doctor **Carlos Bromley (2012)**, psiquiatra del Ministerio de Salud, en su entrevista con RPP Noticias: "A nivel psiquiátrico, lo común es que se produzcan trastornos de ansiedad y trastornos de depresión. A nivel físico,

pueden presentarse las enfermedades cardiacas, las enfermedades de la piel y las enfermedades respiratorias producidas por la contaminación ambiental".

Hay que tomar en consideración que la decisión de las personas de comprar un carro para trasladarse no es sólo por comodidad o porque tienen los bienes necesarios como para hacerlo. En todo el Perú existe un problema mayor que el actual presidente, Pedro Pablo Kuczynski, se ha comprometido a disminuir, este es la delincuencia. **(Servindi, 2016).**

La delincuencia ha incrementado en 35.6% entre octubre 2015 y marzo 2016 (INEI, 2016) y el 90.6% de los peruanos viven atemorizados de ser blanco de algún tipo de delito (Perú 21, 2016). Todo esto ha causado que la población comience a tomar mayores medidas de seguridad como: utilizar alarmas, cámaras, lunas polarizadas, armas de defensa personal, utilizar taxis seguros o movilizarse en autos propios. La delincuencia ha llegado a un punto que ni en un auto particular te sientes seguro, ya que rompen la luna del auto sólo para robar un celular, cartera, billetera o cualquier cosa de valor que este a la vista. En el peor de los casos han matado a personas por un teléfono móvil, como sucedió en el distrito de San Luis (Lima) el 30 de Julio del 2017 **(La República, 2017).**

Hasta este punto se han nombrado varios efectos que tiene el problema de la congestión vehicular en la población trujillana, pero existe un aspecto que las personas no han notado. El tráfico está perjudicando la economía de las empresas y sus trabajadores, porque cada vez llegan más tarde o tienen que levantarse más temprano para llegar a tiempo, lo que genera que pasen menos tiempo con sus familias o relajándose y más ratos atorados en las calles embotelladas. El pasar tantas horas en una congestión tan desordenada e irrespetuosa, genera mal humor y las personas llegan con ese sentimiento al trabajo, lo que puede conllevar a un mal ambiente laboral. Y todo esto termina teniendo efectos monetarios negativos en las personas y empresas.

También hay que resaltar la importancia de cumplir con las leyes referidas a tránsito vehicular. Si todos los ciudadanos ponen un granito de arena para solucionar el problema se va a observar una gran mejora. Pero el gran problema comienza en el respeto mutuo. (Arroyo, 2019, pp 28-30).

2.2.4.6. Factores que afectan la capacidad y volúmenes de circulación continua. La capacidad de un carril es el máximo número de vehículos que puede pasar por él, suponiendo una velocidad uniforme, generalmente se expresa en vehículos/hora.

$$C = \frac{v}{s} \times 1.00$$

Donde:

- v:** velocidad en km/h
s: separación media mínima en metros entre las partes frontales de dos vehículos sucesivos, para determinar la velocidad.

La infraestructura vial, sea esta una vía rural o calle, puede ser de circulación continua o discontinua. Los sistemas viales de circulación continua no tienen elementos fijos externos al flujo de tránsito, tales como semáforos, que producen interrupciones en el mismo. Los sistemas viales de circulación discontinua tienen elementos fijos que producen interrupciones periódicas del flujo de tránsito, tales como semáforos, las señales de alto y otros tipos de regulación.

Dependiendo del tipo de infraestructura a analizar se debe establecer un procedimiento para el cálculo de su capacidad

a) Aforo

El aforo vehicular es el conteo de vehículos y se utiliza como una muestra de los volúmenes para el periodo en el que se realiza y tiene como principal objetivo cuantificar el número de vehículos que pasan por un punto, sección de un camino o intersección.

A continuación, se enumeran las modalidades más comúnmente usadas para aforos de tránsito:

b) Aforos Manuales

Son aquellos que registran a vehículos haciendo trazos en un papel o con contadores manuales. Mediante éstos es posible conseguir datos que no pueden ser obtenidos por otros procedimientos, como clasificar a los vehículos por tipo, número de ellos que giran u ocupantes de los mismos.

Los recuentos pueden dividirse en 30 minutos e incluso 15 cuando el tránsito es muy denso. Para hacer los recuentos se deben preparar hojas de

campo con un formato determinado adecuado para el lugar donde se realizará el conteo respectivo.

La efectividad de este tipo de aforo es mayor que la del resto, ya que permite distinguir entre los diferentes tipos de vehículos que transitan. Este tipo de aforo, pese a que puede resultar más costoso debido a la necesidad de contar con personal cualificado, es el indicado para el aforo de intersecciones, donde se debe cuantificar los movimientos realizados.

c) Aforos automáticos

Este tipo de aforo se basa en la utilización de mecanismos automáticos que detectan paso de vehículos, procediendo con el conteo respectivo.

Los aparatos o dispositivos utilizados suelen ser neumáticos, usualmente ubicados en las calzadas, o, en menores casos, se utilizan sensores detectores.

d) Aforos móviles

En algunas ocasiones se recurren a la realización de aforos en tramos determinados; por lo que el conteo se realiza desde otro automóvil, en un movimiento integrado en el flujo de tránsito.

e) Aforos fotográficos

Se basan en un control aéreo de la circulación mediante cámaras aéreas. El método es inusual, pero suele brindar información acerca de densidades, velocidades e incluso datos de intensidades. (Arroyo, 2019, pp 31-33).

Semáforos. Los semáforos son dispositivos de señalización mediante los cuales se regula circulación de vehículos, bicicletas y peatones en vía, asignando el derecho de paso u orden de prelación de vehículos y peatones secuencialmente, por las indicaciones de luces de color rojo, amarillo y verde, operadas por una unidad electrónica de control.

El semáforo es un dispositivo útil para el control y la seguridad, tanto de vehículos como de peatones. Debido a la asignación, prefijada o determinada por el tránsito, del derecho de vía para los diferentes movimientos en intersecciones y otros sitios de las vías, el semáforo ejerce una profunda influencia sobre el flujo del tránsito.

Intersección Semaforizada. La intersección semaforizada se define como el cruce existente donde existe un dispositivo de control de tráfico específico, como el semáforo. Este dispositivo vial sirve para regular el tránsito de vehículos y peatones mediante 03 colores (rojo, ámbar y verde).

2.2.4.7. Diseño de semáforo. La terminología básica de la semaforización temporizada de tráfico es descrita a continuación:

- Ciclo: Secuencia completa de indicación de semáforo.
- Duración de ciclo: Duración total de tiempo de semáforo que completan un ciclo, está dado en segundos y su símbolo es C.
- Intervalo: Período de tiempo durante el cual las indicaciones del semáforo permanecen constantes.
- Fase: Es la parte del ciclo asignada a una combinación de movimiento de tráfico.
- Intervalo de cambio y limpieza: Es el intervalo de señales amarillo más todo rojo que ocurre entre fases, para proveer de limpieza en la intersección antes de que los movimientos de conflicto se realicen, está dado en segundos y su símbolo es Y.
- Tiempo de verde: Es el tiempo dentro de una fase, durante el cual el indicador muestra verde, está dado en segundos y su símbolo es g.
- Intervalo de despeje: Tiempo de exposición de la indicación ámbar del semáforo.
- Intervalo todo rojo: Tiempo de exposición de una indicación roja para todo el tránsito que se prepara a circular.
- **Fases de un semáforo.** La fase del semáforo es una componente del ciclo del semáforo y consiste en un intervalo de tiempo de verde, más los intervalos de ámbar y rojo. Este tiempo, en suma, puede configurar un conjunto de intervalos de tiempo que permiten un movimiento específico para vehículos o peatones. Asimismo, previene o resuelve los conflictos presentes en una intersección: un cruce con seguridad para los usuarios. A continuación, se muestra una imagen de un funcionamiento esquemático de una intersección sanforizada aleatoria.
- **Tipos de semaforización.** Considerando la evolución tecnológica continua, los semáforos modernos pueden tener ventajas competitivas con respecto a equipos antiguos en la forma de repartir el tiempo, los cuales se

pueden hacer a través de controladores internos. Estos controladores pueden ser de distintos tipos:

-Los semáforos con control de tiempo fijo (prefijados), son aquellos en los cuales la secuencia de fases es mostrada en orden repetitivo.

-Los semáforos con control totalmente actuado, son aquellos en los cuales la distribución de los tiempos en todos los accesos de la intersección es controlada por detectores vehiculares y/o de flujo. Únicamente se precisa que cada fase está sujeta a un tiempo de verde mínimo y es accionada en función de la demanda vehicular.

-Los semáforos con control semi-actuado, son aquellos en los que algunos accesos (típicamente los de la vía secundaria) tienen detectores y otros accesos no.

- **Control de tráfico.**

La utilización de las vías urbanas por parte de vehículos y peatones, crea escenarios que deben ser compartidos por estos, asegurando la seguridad y el bienestar en el uso de ellos. Es en base a este principio básico que se hace necesario la implementación de elementos que controlen y regulen esta intersección entre vehículos, peatones y vías.

Existen dos tipos de métodos para el control de tráfico que son: los métodos formales e informales. Los métodos formales son las señales, demarcaciones en el pavimento y los semáforos; y los métodos informales son: la geometría de la vía, experiencias personales y conocimientos previos. El tema se va a enfocar en los métodos formales, debido a que estos son los que pueden ser modificados más fácilmente.

Las señales de tránsito son una valiosa herramienta para mejorar la seguridad y eficiencia del tránsito vehicular y peatonal presente en un corredor vial. Se utiliza para tener informado al conductor acerca de las características de la vía por lo cual se circula. Así, sirve para advertir de la existencia de peligros, informar sobre normas viales y ubicar al conductor donde se encuentra y cual ruta debe tomar. (Arroyo, 2019, pp 33-35).

2.2.4.8. Control Semafórico de Tránsito Vehicular. Los controles semafóricos de tráfico son implementados para derecho de paso a cada acceso de las intersecciones según las indicaciones y por ende para reducir o eliminar los conflictos de estas. Para determinar si una

intersección debe ser semaforizadas se debe cumplir una o más de los siguientes criterios: un volumen mínimo de vehículos en todos los accesos de la intersección, interrupción del tráfico continuo, volumen mínimo de peatones que cruzan por la vía principal; movimiento o circulación progresiva, antecedentes y experiencia sobre accidentes, y la combinación de los criterios anteriores.

Para implementar un control semafórico también se debe seguir un procedimiento para justificar la necesidad técnica. Lo primero que se debe realizar es conformar la base d datos estableciendo las intersecciones que posiblemente necesitan un control semafórico; posteriormente, se toma la información básica que tiene que ver con los volúmenes vehiculares y peatonales; luego, a partir de la información recolectada se verifica el cumplimiento de los criterios mínimos y por último se hace una priorización con base en el cumplimiento de los criterios evaluados.

Después de establecer cuales intersecciones se van a semaforizar, se determina el sistema operacional, es decir, se eligen los movimientos permitidos, el número y duración de las fases, y, teniendo en cuenta la complejidad de las intersecciones y distancias entre ellas, se determina al tipo de control a implementar. (Arroyo, 2019, pp 36).

2.2.4.9. Sistema operacional de los semáforos. Un semáforo puede operar de forma aislada, es decir, que no dependa de otro sistema para su funcionamiento, o, coordinada que son semáforos que operan con el mismo ciclo o múltiplo de este en intersecciones adyacentes. La coordinación de una red semafórica se puede realizar mediante conexión física o mediante sincronismos, pero, existe la posibilidad de que la red no opere correctamente por interferencias en el medio. Cuando la coordinación es física se realiza la conexión mediante cables tipo telefónico. Otra forma de operación es el sistema centralizado en el cual todas las indicaciones son asignadas desde una central de control. (Arroyo, 2019, pp 36).

2.2.4.10. Los sistemas de control pre-sincronizados o de tiempo fijo.

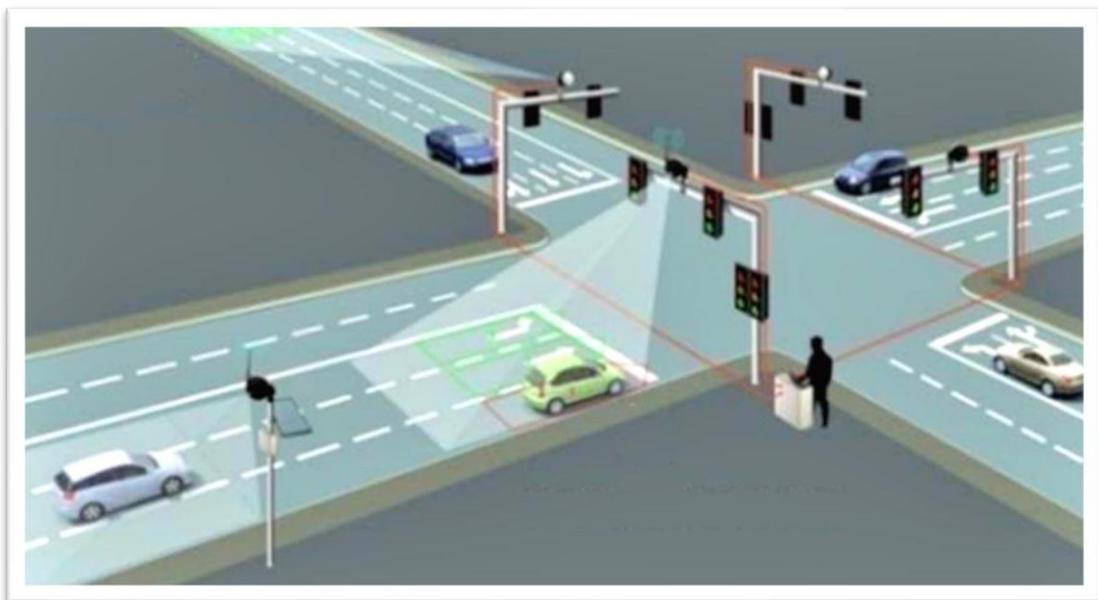
Son sincronizados mediante datos históricos recopiladas de los flujos en todos los accesos de las intersecciones semaforizadas, donde el

tiempo de ciclo es constante y la duración de los instantes de cambio de las fases son en relación al ciclo. Los controladores de tiempo fijo son los más sencillos que existen, de bajo costo y de fácil operación.

Esta forma de control de tráfico es aceptable para intersecciones, arterias o redes viales con muy poca variación de volúmenes de tráfico, en los cuales los beneficios de los controladores actuados no justifican el costo. Pueden ser operados eficientemente usando configuraciones derivadas de software de optimización disponibles. Los objetivos de optimización están orientados a maximizar las oportunidades de avance y proporcionar prioridad a movimientos arteriales. Igualmente, este sistema de tiempos fijos opera bastante bien cuando los volúmenes de tráfico son predecible y predominantes en una dirección.

Figura 6

Intersección normal a tiempos fijos.



Fuente: Manual de ingeniería de tránsito

Semáforos totalmente accionados por el tránsito. En este tipo de semáforo, el ciclo, la duración y la secuencia de intervalos están controlados por el tránsito real de la intersección. Los flujos vehiculares son

identificados por detectores, haciendo que la programación de las intersecciones sea en tiempo real.

2.2.1.6. Semáforos semi-accionados por el tránsito. Este funcionamiento consiste en programar siempre la operación de la vía principal en la fase verde, hasta que en las calles secundarias se detecte flujo vehicular o paso peatonal, dándole paso a los vehículos con un intervalo adecuado.

2.2.1.7. Semáforos controlados por el computador. Este tipo de semáforos se encarga no solo de enviar indicaciones de fase a los controladores locales, sino que también proporciona otras funciones como: planes de vehículos de emergencia (ambulancias, bomberos, policías) de manera que estos cuenten con una banda verde especial.

Leyendas variables, que indican por ejemplo el cambio de sentido de una vía o la calidad de la circulación.

2.2.1.8. Sistemas. Un sistema se define como un conjunto de mecanismos y herramientas que permiten la creación e interconexión de componentes de software, junto con una colección de servicios para facilitar las labores de los componentes que residen y se ejecutan en él.

-Sistemas inteligentes. Un sistema inteligente es un programa de computación que reúne características y comportamientos asimilables a la inteligencia humana o animal. La expresión “sistema inteligente” se usa en ocasiones para sistemas inteligentes incompletos, por ejemplo, una casa inteligente o un sistema experto (Seijo D., 2008).

Un sistema inteligente completo incluye “sentidos” que le permite recibir información de su entorno. Puede actuar, y tiene una memoria para archivar el resultado de sus acciones.

-Semáforos inteligentes. Un semáforo inteligente es aquel que detecta la cantidad de flujo vehicular mediante sensores y con base a parámetros ya establecidos, van modificando los tiempos de paso y/o detección. Es decir, es un sistema de semáforos programables vía remota desde un centro de control gobernado por humanos, que decidirán cual parámetro usar, esto quiere decir que nos permite decidir si es necesario modificar el comportamiento de los semáforos mediante la observación en tiempo de ejecución. **(Martínez, M., 2012).**

Estos semáforos se presentan para solucionar varios problemas de tránsito Comunes en todo el mundo, por citar algunos:

- Congestión vehicular.
- Tiempos excesivos de viaje.
- Esperas innecesarias.
- Mayor gasto de combustible.
- Mayor contaminación en el medio ambiente.

-Monitoreo. Su origen se encuentra en monitor, un aparato que toma imágenes de instalaciones filmadoras o sensores y que permite visualizar algo en una pantalla. El monitor, por lo tanto, ayuda a controlar o supervisar una situación. Esto nos permite inferir que monitoreo es la acción y efecto de monitorear, el verbo que se utiliza para nombrar a la supervisión o el control realizado a través de un monitor. (Arroyo, 2019, pp 38-39).

2.2.1.9. Emisiones de CO₂. Las emisiones de dióxido de carbono tienen dos orígenes, naturales y antropogénicos, teniendo estas últimas un fuerte crecimiento en las últimas décadas. El promedio actual de emisiones de CO₂ n el aire oscila alrededor de 380ppmm, o 0,038%, con algunas variaciones día/noche, estacionales (por la parte antrópica) y con picos de contaminación localizada.

Las emisiones antropogénicas mundiales están aumentando cada año, en 2007 las emisiones de CO₂ eran de 2,0 veces mayores a las de 1971. En 1990 fueron emitidas 20,878 Gt/año de CO₂ y en 2005 (26,402), o sea un aumento del 1,7% por año durante este periodo. La combustión de un litro de gasolina no se desvanece en el aire como por ensalmo, sino que genera 2,3 Kg de CO₂ y un litro de gasóleo 2,6 Kg de CO₂. (Gonzales, J. & Morales, R., 2013).

De acuerdo con la agencia internacional de Energía, las emisiones de CO₂ aumentaran en 130% de aquí al 2050. La inversión necesaria para reducir a la mitad las emisiones y desarrollar una revolución internacional de las tecnologías energéticas se elevará a 45000 millones de dólares de aquí al 2050.

2.2.1.10. **Contaminación ambiental y accidentes de tránsito.** El

Distrito de Trujillo, en particular el Centro de la Ciudad atraviesa por una situación crítica derivado de la contaminación ambiental generada por el alto flujo vehicular, la congestión vehicular y otras actividades productivas.

2.2.1.11. **Flujo de tráfico urbano.**

Como efecto del crecimiento del parque automotor, en la Ciudad de Trujillo para el año 2013 el flujo vehicular alcanzó la circulación de 139,713 vehículos/día, el 32% son vehículos menores entre moto taxis y motos lineales, seguido de 20% de autos, 8% de taxis y otros, que en total alcanzan una distancia recorrido 2,957 millones km, generando congestión vehicular, contaminación ambiental y accidentes de tránsito en varios puntos de la ciudad. (Arroyo, 2019, pp 40).

Tabla 5

Parque Automotor de Trujillo Año 2013.

Tipo de Vehículo	Número de Vehículos	Porcentaje	Distancia recorrida (km/año)	Recorrido Promedio (km/día)
Automóvil	127,463	20%	150,357,432.00	15.21
Station Wagon	8,046	6%	176,206,727.0	60.83
Camioneta	25,416	18%	648,140,442.00	70.84
Camión	12,256	9%	268,406,400.00	60.83
Remolcador	4,402	3%	96,403,800.00	60.83
Taxi	11,009	8%	400,839,096.00	101.14
Bus	3,289	2%	95,784,231.00	80.90
Microbus	1,214	1%	35,354,836.00	80.90
Camioneta rural	1,657	1%	52,282,724.00	87.65
Vehículos Menores	44,961	32%	1,033,878,195.00	63.88
Total	139,713	100%	2,957,653,883.00	

Fuente: Inventario, Línea de Base y Análisis de Opciones de Mitigación de Emisiones de Gases - Trujillo (MPT, BID ABT-2013)

Tabla 6*Número de accidentes vehiculares en Perú del 2012 al 2014.*

Departamento	2012	2013	2014	
Total	92 289	102 938	98 773	
Amazonas	425	542	441	
Áncash	2 177	2 476	2 339	
Apurímac	579	525	606	
Arequipa	5 558	6 438	5 497	
Ayacucho	854	1 074	1 028	
Cajamarca	3 142	3 029	2 042	
Callao	3 528	3 543	3 366	
Cusco	1 685	4 055	3 939	
Huancavelica	162	86	162	
Huánuco	988	1 648	4 194	
Ica	1 542	1 907	1 433	
Junín	3 049	3 627	2 557	
La Libertad	4 278	4 787	4 501	
Lambayeque	2 809	3 302	3 263	
Lima	52 047	54 408	53 486	
Loreto	445	265	391	
Madre de Dios	117	479	441	
Moquegua	744	892	641	
Pasco	126	90	45	
Piura	3 178	4 089	3 718	
Puno	781	1 154	740	
San Martín	1 011	1 281	1 197	
Tacna	1 418	1 608	1 313	
Tumbes	476	483	418	
Ucayali	1 170	1 150	1 015	

Fuente: Ministerio del Interior-Dirtepoles - PNP.

2.2.5. Aspectos a tomar en cuenta

Varios autores mencionan que la única solución al tráfico es realizar una reforma de transporte donde, de acuerdo a la ciudad, se desarrolle un nuevo sistema de transporte público, las vías públicas se amplíen y se eliminen todos los vehículos más antiguos y con problemas técnicos.

Se espera que se elaboren más autopistas, pero no sólo pensando en la demanda actual sino también proyectándose a la cantidad de vehículos que van a circular en los próximos años. Como expresa Legge (2013): “La experiencia ha demostrado con las carreteras que, si lo construyes, ellos vendrán”. Esto quiere decir que con más carreteras existirán más vehículos recorriéndolas. Sólo hay que mirar los 12 carriles que existen en las autopistas de Los Ángeles, California, ellos cuentan con la infraestructura, pero igual las vías rápidas siguen congestionadas.

Otro caso más extremo es el de China, en donde se registró el peor embotellamiento de la historia el cual tuvo una duración de 12 días. Este se generó por un feriado largo en que la mayoría de las personas salieron de la ciudad y regresaban en horas muy cercanas. Esto nos demuestra que por más que exista la infraestructura nunca va a ser suficiente, ni de las dimensiones adecuadas para que todos los autos de la ciudad fluyan en estas vías al mismo tiempo.

Hay que tomar en consideración que Perú es un país que no cobra por el uso de las autopistas, sólo cobra peaje en las carreteras. Este tipo de cobranzas se realizan en la mayoría de los países desarrollados y en los que están en crecimiento como Chile. Sin este cobro y con el impuesto a la gasolina descendiendo ¿cómo se van a crear más carreteras? El único impuesto que puede aportar es el vehicular anteriormente mencionado.

No necesariamente se tiene que incrementar el número de autopistas para que el volumen vehicular en horas punta disminuya, ya que actualmente existen 5067 obras públicas de las cuales el 90% son en las vías de transporte como: carreteras, pistas, veredas, pasajes, etc. y el tráfico sigue igual o peor.

Una de las maneras de disminuir la congestión vehicular sin tener que hacer grandes cambios es que el gobierno prohíba la distribución de mercadería, riego, recojo de basura, etc. en las horas punta y que circulen sólo en las noches, ya que

estos camiones entorpecen más el tráfico, porque se quedan parados en plena vía pública.

También se tiene que tener en cuenta que los policías de tránsito que deben estar para “agilizar el tráfico” pero normalmente lo entorpecen más, por lo cual, se debe de considerar que los policías de tránsito sólo lo dirijan cuando los semáforos estén malogrados, como hacen todos los países. Pero las autoridades mencionan que los policías de tránsito deben de estar presentes, ya que las personas no respetan el semáforo o no son tolerantes ni respetuosos como para no bloquear una intersección. (Arroyo, 2019, pp 42-44).

Un dato interesante es que el gobierno tuvo la iniciativa de crear el Consejo Nacional de Seguridad Vial, pero por más que siguen haciendo estadísticas, las campañas cesaron en el 2013. Existen varias mejoras que el gobierno debería implementar como:

- Mejora el diseño de paraderos de transporte público.
- Eliminar los cuellos de botella en vías principales.
- Construir óvalos.
- Construir de puentes peatonales y separadores.
- Mejorar la señalización y cruces peatonales.
- Parchar los huecos.
- Mayor consideración por parte de choferes y peatones.
- Exigir la revisión técnica.
- Formalizar los taxistas.
- Implementar taxímetros.
- Reducir las de rutas de transporte público.
- Sacar de circulación vehículos con más de 25 años de antigüedad.
- Circular en determinados días de la semana.

Uno de los trabajos realizados es el de Takyi Harriet, Kofi Poku y Anin Kwabena Emmanuel. Ellos realizaron una evaluación de la congestión del tráfico y sus efectos en la economía en la ciudad metropolitana de Kumasi en Ghana.

En esta ciudad, la gran parte de los vehículos son propios o taxis, es por esto que se genera una relación entre nivel de ingresos y propietario de autos. Pero el problema del tráfico en esta metrópolis se debe a la capacidad limitada de las vías, los espacios para estacionar, disfuncionalidad de las señales de tránsito, el comportamiento de los conductores, vehículos antiguos malogrados, estado de las calles y la cantidad de automóviles.

En el estudio, los autores defienden su teoría de que existe una relación entre transporte y productividad. Para comprobarla explican que un sistema de transporte urbano efectivo permite abrir puerta a nuevas oportunidades de crecimiento, no sólo para las empresas sino para las actividades sociales de la población. Aseguran que para contar con un buen sistema se debe de tener una buena infraestructura, ya que este es un punto clave y afecta directamente la eficiencia y capacidad del transporte urbano. Una buena infraestructura involucra espacio de las pistas, señales de tránsito, parqueos, terminales de transporte, vehículos y usuarios.

El gran problema de la congestión vehicular son los tiempos que involucra movilizarse de un punto a otro. Esto afecta a todas las personas, pero está perjudicando a empresas que trabajan en un rubro donde su productos o servicios debe ser enviado o trasladado. Ellos deben de incrementar sus precios porque sus costos se ven afectados por mayor pago al personal, el combustible utilizado y el mantenimiento de los vehículos. Es acá que el concepto de just-in-time no puede ser empleado correctamente por las empresas y esto hace que los negocios no sean tan competitivos.

El tiempo es un punto clave, pero existen otros aspectos que también están siendo perjudicados por la efectividad del transporte, algunos de estos son: influencia en el costo de hacer negocios, tiempos de viaje, fiabilidad de pronósticos, comodidad y seguridad de los viajeros.

Los autores, atribuyen las causas de la congestión al aumento de la densidad poblacional, los incidentes de carretera como choques y los vehículos malogrados en ellas. Todo esto restringe la capacidad de las vías y dificultan el buen flujo de tráfico.

Uno de los causantes de la congestión vehicular son los estacionamientos, estos ocupan mucho espacio físico lo cual incrementa costo y demanda de zonas urbanas. Pero la necesidad de estacionamientos se da porque el uso de autos propios es masivo. Se debería usar más el transporte público y menos los vehículos

particulares, pero se necesita de un buen sistema público de buses y trenes para que los traslados sean efectivos y las personas opten por esta opción.

Un buen sistema de transporte es la llave para un crecimiento sustentable de la economía, porque contaría con la capacidad de enlazar a las personas con sus trabajos, llevar los productos demandados a su punto de venta, la cadena logística de los transportistas de suministros sería la correcta y por ende el comercio nacional e internacional. Pero para lograrlo las autoridades deben de capacitar a policías de tránsito eficientemente para que estos aporten al mejoramiento del sistema.

La congestión vehicular está impidiendo nuestro libre movimiento y eso afecta las actividades comerciales y reduce productividad. Las tareas de los negocios dependen de la logística de tiempo de entrega y en la actualidad los costos operativos de las empresas han aumentado.

Estas condiciones de tráfico afectan a todos, en la medida de que se está consumiendo más combustible, perjudicando el medio ambiente por la contaminación y la mayor explotación de petróleo, afectar el ecosistema repercute en la salud de las personas al ser parte de este. (Arroyo, 2019, pp 45-47).

2.2.6. Clasificación de las vías o autopistas urbanas en el Perú

Una vía urbana es aquel espacio de dominio común donde transitan peatones y circulan distintos medios de transporte en una ciudad o comunidad: vehículos motorizados y/o no motorizados, ligeros y/o pesados, privados y/o públicos. Constituyendo un medio de comunicación eficaz para el desarrollo de cualquier sociedad o centro urbano.

Es necesario especializar las vías, destinando cada una de ellas a una función específica y acomodándola a cumplir lo mejor posible su función, para así atender las necesidades de transporte de manera rápida, confortable y segura.

Existen distintos puntos de vista para clasificarlas; sin embargo, la presente investigación se basará en el criterio funcional operacional, bajo la perspectiva de la capacidad y niveles de servicio.

Las carreteras en el Perú se clasifican, en función a la demanda en:

- Vía expresa o Autopista de Primera Clase
- Vía arterial o Autopista de Segunda Clase
- Vía colectora o Carretera de Primera Clase

- Vía local o Carretera de Segunda Clase
- Carretera de Tercera Clase
- Trochas Carrozables.

La clasificación de una vía, al estar vinculada a su funcionalidad y al papel que se espera desempeñe en la red vial urbana, implica de por sí el establecimiento de parámetros relevantes para el análisis:

- Velocidad de diseño
- Características básicas del flujo que transitara por ellas.
- Control de accesos y relaciones con otras vías.
- Número de carriles
- Servicio a la propiedad adyacente.
- Compatibilidad con el transporte público.
- Facilidades para el estacionamiento y la carga y descarga de mercaderías. (Arroyo, 2019, pp 47-48).

2.2.6.1. Vía expresa o Autopista de Primera Clase. Establecen una relación entre el sistema interurbano y el sistema vial urbano. Unen zonas de elevada generación de tráfico, transportando grandes volúmenes de vehículos (IMDA mayor a 6000 veh/día), con circulación a alta velocidad (80-100 km/hr) y sin semáforos ni intersecciones. Debe contar con calzadas divididas por medio de un separador central mínimo de 6 m; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3.60 m de ancho como mínimo, con control total de accesos (ingresos y salidas) que proporcionan flujos vehiculares continuos, sin cruces o pasos a nivel y con puentes peatonales en zonas urbanas. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.

Las vías expresas suelen circular vehículos motorizados de 2 ejes a más. Para el transporte público de pasajeros se permite el servicio de buses, preferentemente en carriles segregados y el empleo de paraderos debidamente diseñados en los intercambios. (Arroyo, 2019, pp 48).

2.2.6.2. Vía arterial o Autopista de Segunda Clase. Las vías arteriales permiten el tránsito vehicular, con media o alta fluidez, baja accesibilidad y relativa integración con el uso del suelo colindante. Estas vías deben ser integradas dentro del sistema de vías expresas y permitir una buena distribución y repartición del tráfico a las vías colectoras y locales. La velocidad en este caso varía entre 50-80 km/hr.

Las vías arteriales son usadas por todos los tipos de tránsito vehicular. Se admite un porcentaje reducido de vehículos pesados y para el transporte colectivo de pasajeros se permite el servicio con un tratamiento especial en vías exclusivas o carriles segregados y con paraderos e intercambios debidamente diseñados.

El IMDA para este tipo de vías está entre 4000-6000 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central que puede variar de 6.00 m hasta 1.00 m, en cuyo caso se instalará un sistema de contención vehicular; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3,60 m de ancho como mínimo, con control parcial de accesos (ingresos y salidas) que proporcionan flujos vehiculares continuos; pueden tener cruces o pasos vehiculares a nivel y puentes peatonales en zonas urbanas. La superficie de rodadura de esta carretera debe ser pavimentada. (Arroyo, 2019, pp 49).

2.2.6.3. Vía colectoras o Carretera de Primera Clase. Las vías colectoras sirven para llevar el tránsito de las vías locales a las arteriales y en algunos casos a las vías expresas cuando no es posible hacerlo por intermedio de las vías arteriales. Dan servicio tanto al tránsito de paso, como hacia las propiedades adyacentes.

Pueden ser colectoras distritales o interdistritales, correspondiendo esta clasificación a las Autoridades Municipales, de la cual se derivan, entre otros, parámetros para establecer la competencia de dichas autoridades. De una manera general, las vías colectoras deberán estar separadas a 800 metros una de otra, en la fase de planeamiento.⁸ Las velocidades de diseño promedio son de 40-50 km/hr.

Son carreteras con un IMDA entre 2000 y 4000 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3,60 m de ancho como mínimo. Puede tener cruces o pasos

vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada. (Arroyo, 2019, pp 49-50).

2.2.6.3.1. Vía local o Carretera de Segunda Clase. Son aquellas cuya función principal es proveer acceso a los predios o lotes, debiendo llevar únicamente su tránsito propio, generado tanto de ingreso como de salida.

Por ellas transitan vehículos livianos, ocasionalmente semipesados; se permite estacionamiento vehicular y existe tránsito peatonal irrestricto. Las vías locales se conectan entre ellas y con las vías colectoras. La velocidad de diseño usualmente está entre 20-30 km/hr.

Son carreteras con IMDA entre 400 y 2000 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3,30 m de ancho como mínimo. Puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada. (Arroyo, 2019, pp 50).

2.2.7. Capacidad y niveles de servicio (NDS) en vías urbanas, con metodología HCM 2010.

A continuación, una vez entendida la clasificación y función de cada una de las vías de análisis, se procederá a detallar conceptos claves de la teoría de flujo vehicular.

2.2.7.1.1. Capacidad. Se define la capacidad vehicular de una sección uniforme de carretera como la máxima tasa horaria de vehículos que tienen una probabilidad razonable de atravesarla durante un periodo de tiempo específico (mayormente en los 15 minutos pico de la hora punta), bajo condiciones prevalecientes de la vía, del tráfico y de los sistemas de control.

Es importante aclarar que el concepto de capacidad también puede ser aplicado a personas, pudiendo ser ésta más importante dependiendo del objeto de estudio; sin embargo, se define la primera por efectos de la

presente investigación que trata de recuperar la transitabilidad y eliminar la congestión en una vía arterial urbana.

La capacidad depende de las características de los conductores que varían entre regiones y las tasas de flujo máximas pueden variar día a día según el lugar. Cualquier cambio en las condiciones prevalecientes produce un cambio en la capacidad, ya sea en la geometría de la vía (número y ancho de carriles, separador central, velocidad a flujo libre), composición del tráfico (presencia de camiones o vehículos pesados) y en las facilidades para interrumpir el flujo continuo (señalización y semaforización). (Arroyo, 2019, pp 51).

2.2.7.2. Niveles de servicio. Es una medida de calidad que describe las condiciones operacionales dentro de un flujo de tráfico, generalmente en término de medidas de servicio, como velocidad, libertad de maniobra, interrupciones del tráfico, confort y convivencia. Se usa una escala alfabética de 6 niveles que van desde la A hasta la F, representando un rango de condiciones de operación.

Existen varios factores, que determinan este concepto:

- Velocidad a la que se puede circular por ella.
- Tiempo de recorrido, o de otra forma, ausencia de detenciones y esperas.
- Comodidad que experimenta el usuario: ausencia de ruidos, trazados suaves.
- Seguridad que ofrece la vía, tanto activa como pasiva.
- Costes de funcionamiento.

A cada nivel de servicio corresponde un Volumen de Servicio, que será el máximo número de vehículos por unidad de tiempo (casi siempre por hora), que pasará mientras se conserve dicho nivel. El HCM 2010 establece seis niveles de servicio, los cuales son descritos usando letras desde la A hasta la F. El nivel A representa las mejores condiciones operativas y el nivel F las peores. (Arroyo, 2019, pp 51-52).

Figura 7*Niveles de servicio.**Fuente: Manual 2005 VCHI de Diseño de Vías Urbanas***Manual 2005 VCHI de Diseño Geométrico de Vías Urbanas**

Cada nivel de servicio representa un rango de condiciones de operación y la percepción del conductor de esas condiciones.

-Nivel de Servicio A. Representa una circulación a flujo libre. Los usuarios, considerados en forma individual, están virtualmente exentos de los efectos de la presencia de otros en la circulación tienen la facilidad de seleccionar sus velocidades deseadas y maniobrar dentro del tránsito.

-Nivel de Servicio B. Está dentro del rango de flujo estable, aunque se empiezan a observar otros vehículos integrantes de la circulación. La libertad de la selección de las velocidades deseadas sigue relativamente inafectada, aunque disminuye un poco la libertad de maniobra en relación con la del nivel de servicio A.

-Nivel de Servicio C. Pertenece al rango de flujo estable, pero marca el comienzo del dominio en el que la operación de los usuarios individuales se ve alterado de forma significativa debido a interacciones operacionales con otros usuarios de la vía, restringiendo velocidades y maniobras, en general.

-Nivel de Servicio D. Este nivel representa una circulación de densidad elevada, aunque estable. La velocidad y libertad de maniobra quedan seriamente restringidas, y el conductor o peatón experimenta un nivel general de comodidad y conveniencia bajo. Los conductores tienen poca libertad de maniobras, pero las condiciones son tolerables por periodos cortos.

-Nivel de Servicio E: Las condiciones operacionales se encuentran casi al límite de su capacidad. La velocidad de todos los usuarios se ve reducida a un valor bajo, bastante uniforme. Los niveles de comodidad y conveniencia son enormemente bajos, siendo muy elevada la frustración de los conductores o peatones. La circulación es normalmente inestable, debido a que los pequeños aumentos de flujo o ligeras perturbaciones del tránsito producen colapsos.

-Nivel de Servicio F: Corresponde a una circulación muy forzada a velocidades bajas y con colas frecuentes que obligan a detenciones que pueden ser prolongadas. El extremo de este nivel F es la absoluta congestión de la vía, lo que normalmente se alcanza durante las horas punta en muchas vías céntricas de las grandes ciudades. (Arroyo, 2019, pp 53-54).

Tabla 7

Niveles de servicios, según demoras.

Niveles de servicios, según demoras	
Nivel de Servicio	Demora por Control (Segundos/Vehículos)
A	≤ 10
B	$> 10 - 20$
C	$> 20 - 35$
D	$> 35 - 55$
E	$> 55 - 80$
F	> 80

Fuente: HCM 2010

2.2.7.3. Factores que afectan la capacidad. La característica de la mayor parte de las vías rurales y urbanas y del tráfico que las utiliza difieren más o menos de las que se consideran ideales desde el punto de vista de capacidad. Por ello es preciso aplicar una serie de factores de corrección para tener en cuenta la forma en que afectan la capacidad las diferencias que existen entre las circunstancias reales y las teóricas ideales. A veces, estos factores son a su vez función del nivel de servicio que se pretende.

Unos factores se refieren a las vías en sí y otros a las características del tráfico, aunque no siempre son independientes, como por ejemplo en el caso de la influencia de las pendientes y de la proporción de camiones que utiliza una determinada vía. (Arroyo, 2019, pp 54-55).

2.2.7.4. Factores que se refieren a las características de las vías.

-Ancho de carriles. El ancho ideal de un carril es de 3.50 m. Si es menor, en carreteras de dos carriles, el adelantamiento es algo más difícil y la maniobra suele ocupar durante más tiempo el carril destinado al tráfico que circula en sentido opuesto; en calzadas de varios carriles un porcentaje mayor de vehículos ocupa parte de los carriles adyacentes. (Arroyo, 2019, pp 55).

Tabla 8

Capacidad de carriles de 3.50 m.

Ancho del Carril (m)	% de la capacidad con carriles de 3.50 m	
	Carreteras de dos carriles	Vías de 4 o más carriles
3.50	100	100
3.30	88	97
3.00	81	91
2.70	76	81

Fuente: Highway Capacity Manual

2.3. Marco Conceptual

Congestionamiento.

Período de tiempo en el cual los vehículos deben parar al no poder circular, debido al demasiado tránsito vehicular, siendo cero la velocidad y el volumen.

Capacidad.

Es el máximo número de vehículos que pueden circular en un punto dado durante un período específico de tiempo, bajo condiciones prevalecientes de la carretera y el tránsito.

Asumiendo que no hay influencia del tránsito más adelante, dentro del punto en análisis.

Densidad Crítica (Do).

Ésta se alcanza cuando el flujo es el máximo del tránsito de una carretera, es decir su capacidad.

Facilidad.

Toda infraestructura diferente a la carretera que le presta un servicio complementario a la misma.

Factor de hora pico.

La relación entre el volumen horario y la máxima razón de flujo se define como el factor de hora pico (FHP).

Flujo interrumpido.

Circulación de vehículos en las carreteras donde existen intersecciones como semáforos o señales de alto y es utilizado para el tránsito urbano.

Flujo libre.

Son las condiciones que se dan cuando la densidad y el volumen son bajas y la velocidad alta.

Nivel de Servicio (LOS).

Un nivel de Servicio (LOS) es una designación que describe un rango operativo sobre un tipo particular de una carretera.

Período pico.

Período de tiempo en la cual el tránsito llega a su volumen más alto. Puede ser en períodos de una hora en cuyo caso se denomina hora pico.

Razón de flujo.

Es la cantidad de vehículos que pasan en un tramo en un período de tiempo determinado. Para períodos menores a una hora, generalmente el volumen se expresa como un equivalente horario de las razones de flujo.

Tránsito

Acción de circular, de pasar de un sitio a otro ya sea a pie o conduciendo un vehículo, por calles u otros caminos, aunque también puede referirse a la circulación que se produce en el interior de viviendas para desplazarse de un cuarto a otro.

Composición del Tránsito.

Relación porcentual entre el volumen de tránsito de los diferentes tipos de vehículos, esto se expresa en función del volumen del tránsito total.

Tráfico.

Es el fenómeno causado por la congestión vehicular en una vía o intersección. Además, el tráfico en cuanto a la circulación de vehículos, se usa para definir la cantidad de vehículos que existe, en determinado marco de tiempo, en vías utilizadas para cualquier medio de transporte. El tráfico se asocia al embotellamiento, que se define como el impedimento en el movimiento por causa de la congestión vehicular.

Control del Tráfico

Implica la organización de la circulación vehicular y peatonal alrededor de una zona de obras viales o accidentes, asegurando la seguridad de los equipos operativos involucrados y del público. También refiere al uso de circuitos cerrados de televisión y otros medios de monitorear el tráfico para manejar el flujo de tránsito proveyendo en caso necesario advertencias sobre congestiones u otros inconvenientes.

Volumen en Hora de Máxima Demanda

Es la cantidad de vehículos que circulan sobre una sección de vía durante 60 minutos consecutivos.

Factor de la Hora de Máxima Demanda

Es la relación del volumen de la hora de máxima demanda a la tasa de volumen máxima dentro de la hora pico.

Densidad

Está definida como la cantidad de vehículos ocupando un tramo de vía en un momento dado.

Tránsito Horario (TH)

Esta expresado en el número de vehículos que pasan durante una hora por un punto designado.

Intersección Vial

Es un elemento de la infraestructura vial y de transporte donde se cruzan dos o más caminos. Esta infraestructura vial permite a los usuarios el intercambio entre caminos.

Simulación

Proceso de diseñar un modelo de un sistema real y llevar a término experiencias con él, con la finalidad de comprender el comportamiento del sistema o evaluar nuevas estrategias dentro de los límites impuestos por un cierto criterio o un conjunto de ellos para el funcionamiento del sistema.

Simulador de Tráfico

Es una herramienta tecnológica que permite ejecutar simulaciones de tráfico, y sobre todo con el análisis de sus resultados, permite obtener importantes conclusiones que llevan a un mayor conocimiento de la situación general del tráfico actual en una ciudad, ofreciendo posibles soluciones a los problemas encontrados.

Simulador VISSIM

Es un modelo de simulación microscópica que permite simular la situación del tráfico a la perfección, tanto la comparación de operar con distintos tipos de

intersecciones como el análisis de implementar medidas de prioridad al transporte público.

Congestión Vehicular

La congestión vehicular se refiere tanto urbana como interurbano, a la condición de un flujo vehicular que se ve saturado debido al exceso de demanda de las vías, produciendo incrementos en los tiempos de viaje y atascamientos.

Soluciones Viales

Son adaptaciones y medidas aplicadas en el ámbito del tránsito, estas buscan mejoras y solución a los problemas cotidianos de tránsito que se presenta en una ciudad. Con la aplicación de soluciones viales se mejora la operatividad en las redes viales.

Área Saturada:

Es parte del territorio de una ciudad, población o área urbana en general en la existen dos (2) o más arterias o tramos de vías con apreciable demanda de usuarios del transporte o exceso de oferta, la que presente, en toda su extensión o en parte de ella, niveles de contaminación ambiental o congestión vehicular que compromete calidad de vida o la seguridad de sus habitantes, declarada como tal por la municipalidad provincial respectiva.

Vía Saturada:

Es aquella arteria o tramo vial de la provincia con apreciable demanda de usuarios o exceso de oferta de servicio de transporte que presenta en toda su extensión o en parte de ella, niveles de contaminación ambiental o congestión vehicular que comprometen la calidad de vida o la seguridad de los habitantes.

Servicio de Transporte Publico:

Servicio de transporte terrestre de personas, mercancías o mixto que es prestado por un transportista para dicho fin, a cambio contraprestación económica. También se define que es el transporte colectivo de pasajeros, que tienen un horario y rutas que ofrece un operador.

Calidad de servicio de Transporte Público:

Es un conjunto de cualidades mínimas en la prestación del servicio de transporte terrestre consistente en la existencia de condiciones de seguridad, puntualidad, higiene y comodidad.

Asimismo, la calidad del servicio se relaciona con el tiempo de viaje y la velocidad, que están relacionados con la congestión del tráfico.

Exceso de oferta de Servicio Transporte Público:

Es la mayor circulación de vehículos de transporte público (combis, custers, taxis, colectivos y ómnibus) que ha superado a la demanda, en otras palabras, por las vías de la ciudad circulan más vehículos de lo que requieren los usuarios.

Nivel de congestión

2.3.1.1. Nivel de servicio: Es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular, y de su percepción por los motoristas y/o pasajeros. Estas condiciones se describen en términos de factores tales como la velocidad y el tiempo de recorrido, la libertad de maniobras, la comodidad, la conveniencia y la seguridad vial.

2.3.1.2. Determinación del nivel de Servicio de una Arteria Urbana según el HCM 2000. Niveles de Servicio Arterial. El nivel de servicio arterial está basado en la velocidad media de recorrido para el segmento, tramo o arteria completa considerada. La velocidad media de recorrido se calcula a partir del tiempo en movimiento sobre el segmento arterial y de la demora en el acceso a las intersecciones.

Los niveles de servicio arteriales se definen de forma precisa en la tabla 7. Resulta útil, sin embargo, una descripción general de los diversos niveles.

2.3.1.3. Velocidad en Régimen Libre: Es la velocidad media de los vehículos sobre las secciones de tramos arteriales que no están cerca de intersecciones con semáforos, observadas bajo condiciones de volumen de tráfico muy bajo, Las velocidades en régimen libre no pueden utilizarse por sí solas para determinar la clase de arteria, pero sí como comprobación de la clasificación en la que se haya encuadrado. **(Arroyo, 2019, pp 56-61).**

La clasificación de una arteria se determina según la categoría funcional y la calidad de proyecto, una forma de determinarla se realiza mediante la tabla 09.

Tabla 9

Ayuda para la Clasificación de una arteria.

CRITERIOS	CATEGORIA FUNCIONAL		
	ARTERIAS PRINCIPALES		ARTERIAS SECUNDARIAS
Func. Movilidad	Muy importantes		Importante
Func. Accesibilidad	Muy escasa		Sustancial
Puntos relacionados	Autopistas, centros importantes de actividad generadores de tráfico principales		Arterias principales
Viajes predominantes servidos	Viajes relativamente importantes entre los puntos anteriores y viajes de paso que entran, salen y atraviesan la ciudad		Viajes de longitud moderada dentro de zonas geográficas relativamente pequeñas
CRITERIOS	CATEGORIA DE PROYECTO		
	SUBURBANO	INTERMEDIO	URBANO
Control de accesos	De parcial a completo	Parcial	Pequeño o nulo
Tipo de arteria	Multicarril con separación, sin separación o de dos carriles con berma	Multicarril con o sin separación de un solo sentido; de dos carriles	De un solo sentido o sin separación; de dos carriles o multicarril
Estacionamientos	Sin estacionamientos	Algunos estacionamientos	Estacionamiento prohibido

Fuente: TRB, Highway Capacity Manual, 2000

El nivel de servicio arterial se define en función de la velocidad media de recorrido de todos los vehículos de paso sobre la arteria. Se ve fuertemente influida por el número de semáforos por kilómetro y por la demora media en las intersecciones. En una vía dada se puede degradar notablemente el nivel de servicio arterial por factores tales como un ciclo semafórico inadecuado, una progresión deficiente o un incremento de la circulación. Las arterias con una elevada densidad de semáforos son aún más sensibles a estos factores. La tabla 08 contiene las definiciones del nivel de servicio arterial, basadas en la velocidad media de recorrido a lo largo del segmento considerado que puede llegar a ser la totalidad de la vía. El concepto "clase de arteria" se define en la metodología expuesta a continuación.

Tabla 10

Niveles de Servicio en Arterias.

CLASE DE ARTERIA	I	II	III
Velocidad en régimen libre Típica (Km/h)	64 Km/h	53 Km/h	43 Km/h
NIVEL DE SERVICIO	VELOCIDAD DE RECORRIDO MEDIA (Km/h)		
A	≥ 56	≥ 48	≥ 40
B	≥ 45	≥ 38	≥ 30
C	≥ 35	≥ 29	≥ 21
D	≥ 27	≥ 23	≥ 14
E	≥ 21	≥ 16	≥ 11
F	≤ 21	≤ 16	≤ 11

Fuente: Manual HCM 2000

Tabla 11

Clases de Arteria de acuerdo con su Función y Categoría de Proyecto.

CATEGORIA DE PROYECTO	CATEGORIA FUNCIONAL	
	ARTERIA PRINCIPAL	ARTERIA SECUNDARIA
Proyecto y control suburbano típico	I	II
Proyecto intermedio	II	III
Proyecto urbano típico	III	III

Fuente: Manual HCM 2000

Clasificación de conteos

Los conteos vehiculares se pueden clasificar de la siguiente manera:

-Conteos direccionales: se registran los volúmenes clasificados de acuerdo con la dirección y el sentido del flujo vehicular.

-Conteo clasificación: se obtienen los volúmenes clasificados por tipo de vehículo, número de ejes, peso y dimensiones.

-Conteo intersecciones: se registran los volúmenes clasificados por tipo de movimiento (directo, giro a derecha y giro a la izquierda) y por tipo de vehículo (auto, bus, camión, etc.).

Definiciones en ingeniería de tránsito

Las siguientes definiciones son comúnmente usadas en Ingeniería de Tránsito:

Volumen: Cantidad de vehículos que pasa sobre una sección de vía durante un periodo de tiempo.

TPDA o VDPA o IMDA: Volumen diario promedio anual

$$VDPA = (\text{Volumen Anual Total}) / 365 \dots\dots\dots (1)$$

TPDS o VDPS: volumen promedio diario semanal

$$VDPS = (\text{Volumen semanal}) / 7 \dots\dots\dots(2)$$

VDP: Volumen diario promedio

$$VDP = \text{Volumen Total en "N" días} / N \dots\dots\dots (3)$$

Volumen en Hora de Máxima Demanda: Es la cantidad de vehículos que pasa sobre una sección de vía durante 60 minutos consecutivos.

VHDD: Volumen Horario Direccional de Diseño

$$VHDD = VDPA \times K \times D \dots\dots\dots (4)$$

Donde:

K = % de VDPA en la hora de máxima demanda

D = % de volumen en la hora de máxima demanda en la dirección más marcada.

Tasa de Flujo: Expresión horaria del de la cantidad de vehículos que pasa por una sección de vía por un periodo menor a una hora.

Factor de la Hora de Máxima Demanda: relación del volumen de la hora de máxima demanda a la tasa de volumen máxima dentro de la hora pico

$$FHMD = (\text{Volumen en la Hora de Máxima Demanda}) / (4 \times \text{Vol. Max. 15 min.})$$

$$FHMD = \frac{VHMD}{N(q_{max})} \dots\dots\dots(5)$$

Donde:

N: Número de periodos durante la hora de máxima demanda.

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

$$FHMD = \frac{VHMD}{4(q_{max15})} \dots\dots\dots(6)$$

2.3.33. Velocidades

-Velocidad: Tasa de movimiento del tránsito

-Velocidad de Marcha: Distancia total recorrida dividida por el tiempo requerido en recorrerla.

-Velocidad de Marcha Promedio: Distancia total recorrida por todos los vehículos en el volumen de tránsito, dividida por el tiempo de viaje total para todos los vehículos.

- Velocidad en General

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

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

$$V = \frac{d}{t} \dots\dots\dots(7)$$

Dónde:

v = Velocidad constante (Km/h).

d= Distancia recorrida (Km).

t= Tiempo de recorrido (horas).

-Velocidad de punto

Es la velocidad de un vehículo a su paso por un determinado punto de una vía

o de una calle. Como dicha velocidad se toma en el preciso instante del paso del vehículo por el punto, también se le denomina velocidad instantánea.

-Velocidad media temporal

Es el promedio aritmético de las velocidades de punto de todos los vehículos, o parte de ellos, que pasan por un punto específico de una carretera o vía durante un intervalo de tiempo seleccionado. Se dice entonces, que se tiene una distribución temporal de velocidades de punto. Para datos de velocidades

de punto no agrupados, matemáticamente la velocidad media temporal se define como:

$$Vt = \frac{Vi}{n} \dots\dots\dots(8)$$

Dónde:

Vt = Velocidad media temporal (Km/h).

Vi = Velocidad del vehículo i (Km/h).

n = número total de vehículos observados o tamaño de la muestra

-Velocidad media espacial:

Es el promedio aritmético de las velocidades de punto de todos los vehículos

que en un instante dado se encuentran en un tramo de carretera o vía. Se dice entonces, que se tiene una distribución espacial de velocidades de punto.

Para un espacio o distancia dados, la velocidad media espacial se calcula dividiendo la distancia por el promedio de los tiempos empleados por los vehículos en recorrerla. Esto es:

$$V_e = \frac{d}{t} \dots\dots\dots, (9)$$

Donde:

Ve = Velocidad media espacial

d = distancia de recorrido

t = tiempo de recorrido

-Velocidad de Proyecto: Es la velocidad máxima (segura) que se puede mantener sobre un tramo específico de vía cuando las condiciones son lo suficientemente favorables para que las características de diseño de la vía gobiernen la operación del vehículo.

Densidad: Cantidad de vehículos ocupando un tramo de vía en un instante dado (VPK)

Capacidad de Vías Rápidas Máxima tasa de volumen sostenida por 15 minutos a la cual el tránsito circula por una sección determinada en una dirección, con condiciones prevalecientes.

Condiciones Prevalecientes: Son las condiciones en las cuales se encuentra la arteria, afectando el volumen de vehículos.

Condiciones de la Vía - Geometría que afecta la capacidad

-Cantidad y ancho de los carriles de circulación

-Obstrucciones laterales

- Velocidades de proyecto
- Pendientes
- Configuración de carriles de circulación
- Condiciones de Tránsito - Características de tránsito que afectan la capacidad.
- Composición de tránsito
- Distribución de carriles de circulación
- Características de los conductores

Condiciones Ideales Son las condiciones ideales (con las cuales la capacidad de la vía es máxima) para el volumen de vehículos:

- Carriles de circulación de ancho de 3.65 m.
- Con acotamientos adecuados y sin obstáculos laterales en 2.00 m a partir de la orilla de la calzada.
- Vehículos ligeros únicamente en la corriente del tránsito
- Usuarios regulares
- Pendientes 0%.

Señalización Vial

La implementación de los dispositivos de control del tránsito, se realizará de acuerdo a los estudios de ingeniería vial que debe realizarse para cada caso, y que entre otros contemple, el tipo de vía, el uso del suelo del sector adyacente, las características de diseño acorde al Manual de Carreteras:

Diseño Geométrico (DG vigente), características de operación, sus condiciones ambientales, y en concordancia con las normas de tránsito correspondientes. (Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras). Existen dos grupos de señalización: la Señalización Vertical y Marcas en el Pavimento. (Arroyo, 2019, pp 63-68).

a. Señales

Las señales son dispositivos que se instalan al costado o sobre el camino, y tienen por finalidad, reglamentar el tránsito, prevenir e informar a los usuarios mediante palabras o símbolos.

Se utilizarán para regular el tránsito y prevenir cualquier peligro que podría presentarse en la circulación vehicular. Asimismo, para informar al usuario sobre direcciones, rutas, destinos, centros de recreo, lugares turísticos y culturales, así como dificultades existentes en las calles. (Manual de Dispositivos de Control de Tránsito para calles y carreteras -2016, p. 8)

b. Clasificación

-Señales reguladoras

Tienen por finalidad notificar a los usuarios de las vías, las prioridades, prohibiciones, restricciones, obligaciones y autorizaciones existentes, en el uso de las vías. Su incumplimiento constituye una falta que puede acarrear un delito.

Estas a su vez se clasifican en señales de prioridad, de prohibición, de restricción, de obligación y autorización.

Figura 8

Ejemplos de señales de regulación.



Fuente: Manual de Dispositivos de Control del Tránsito-2016

-Señales de prevención

Su propósito advertir a los usuarios sobre la existencia y naturaleza de riesgos y/o situaciones imprevistas presentes en la vía o en sus zonas adyacentes, ya sea en forma permanente o temporal.

Estas señales se clasifican teniendo en consideración lo siguiente:

Características geométricas de la vía:

- Características de la superficie de rodadura
- Restricciones físicas de la vía
- Intersecciones con otras vías

- Características operativas de la vía
- Emergencias y situaciones similares

Figura 9

Ejemplo de señales preventivas.



Fuente: Manual de Dispositivos de Control del Tránsito-2016

-Señales de información:

Tienen como propósito guiar a los usuarios y proporcionarles información para que puedan llegar a sus destinos en la forma más simple y directa posible. Además, proporcionan información relativa a distancias a centros poblados y de servicios al usuario, kilometrajes de rutas, nombres de calles, lugares de interés turístico, y otros. Deben abarcar los siguientes conceptos:

- **Puntos Notables:** Centros poblados, ríos, puentes, túneles y otros.

- **Zonas Urbanas:** Identificación de rutas y calles, parques y otros.
- **Distancias:** A principales puntos notables, lugares turísticos, arqueológicos e históricos.

Figura 10

Ejemplos de Postes de kilometraje.



Fuente: Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras-2016

Figura 11

Ejemplos de señales de localización.



Fuente: Manual de Dispositivos de Control del Tránsito 2016

Aforo vehicular (conteo)

Definiciones

- Transito Anual (TA)**, es el número de vehículos que pasan durante un año
- Transito Mensual (TM)**, es el número de vehículos que pasan durante un mes
- Transito Semanal (TS)**, es el número de vehículos que pasan durante una semana.
- Tránsito Diario (TD)**, es el número total de vehículos que pasan durante un día.
- Tránsito Horario (TH)**, es el número de vehículos que pasan durante una hora.
- Volúmenes de Tránsito**, es el número de vehículos que pasa un punto determinado durante un periodo específico de tiempo.

-Densidad de Tránsito, es el número de vehículos que ocupan una unidad de longitud de carretera en un instante dado. Por lo general se expresa en vehículos por kilómetro.

-Intensidad o Volumen Medio Diario (VMD), es el volumen total que pasa por una sección transversal o por un segmento de una carretera, en ambos sentidos, durante un año, dividido entre el número de días en el año. Se puede obtener también para un solo sentido.

-Volumen Horario de Diseño (VHD), es el volumen horario futuro utilizado para diseño.

-Relación entre el Volumen Horario de Diseño (VHD) y el Volumen Medio Diario (VMD), el volumen horario de diseño se expresa a menudo como un porcentaje del volumen medio diario. El rango normal está entre un 12% y un 18 % para ambos sentidos, y un 16% a un 24% para un solo sentido.

-Distribución Direccional, es el volumen durante una hora en particular en el sentido predominante expresado como un porcentaje del volumen en ambos sentidos durante la misma hora.

-Composición del Tránsito, vehículos pesados o de transporte público expresados (excluyendo vehículos livianos, con una relación peso/potencia similar a vehículos privados) como un porcentaje del volumen horario de diseño.

-Volumen Horario, es el número de vehículos que pasan por un punto en un periodo de tiempo de una hora. El volumen horario de máxima demanda es el máximo número de vehículos que transcurren durante 60 minutos consecutivos, denominados también "Horas Punta". Estos volúmenes proyectados se emplean para planificar obras, proyectar los detalles geométricos de las vías, determinar su posible deficiencia en capacidad y planear programas para regular el tránsito, de acuerdo al nivel de servicio que se le asigne.

-Composición de los Volúmenes, los volúmenes de tránsito están compuestos por unidades muy heterogéneas, cuyas características

afectan al flujo de tránsito e intervienen en el diseño geométrico y estructural de las vías.

-Tramo homogéneo, sección de la carretera con características geométricas o volumen de tránsito similar.

-Uso de datos de Volúmenes de tránsito, la información sobre volúmenes de tránsito es de gran utilidad en la planeación del transporte, diseño vial, operación del tránsito e investigación. Varios tipos de estudios de volúmenes y sus aplicaciones se ilustran en la siguiente tabla.

Tabla 12

Volúmenes de Transito.

Tipo de volumen	Aplicación
Volumen medio diario:(VMD) o volumen total de transito	Estudios de tendencias: planeación de carreteras, programación de carreteras, selección de rutas, cálculo de tasas de accidente.
Volúmenes clasificados: por tipo de vehículo, numero de ejes y peso	Análisis de capacidad, diseño geométrico. Diseño estructural, estimados de recolección de impuestos de los usuarios de vialidades
Volúmenes durante periodo de tiempo especificados: durante horas picos y por dirección	Aplicación de dispositivo de control de tránsito, vigencia selectiva desarrollo de reglamentos de tránsito.

Fuente: Highway Capacity Manual

Métodos de Muestreo

A continuación, se enumeran las modalidades más comúnmente usadas para aforos de tránsito.

a. **Aforos Manuales.** Son aquellos que registran a vehículos haciendo trazos en un papel o con contadores manuales. Mediante éstos es posible conseguir datos que no pueden ser obtenidos por otros procedimientos, como clasificar a los vehículos por tipo, número de ellos que giran u ocupantes de los mismos. Los recuentos pueden dividirse en 30 minutos e incluso 15 cuando el tránsito es muy denso. Para hacer los recuentos se deben preparar hojas de campo.

-Se usan por lo general para contabilizar volúmenes de giro y volúmenes clasificados.

-La duración del aforo varía con el propósito del aforo. Algunos aforos clasificados pueden durar hasta 24 horas.

-El equipo usado es variado; desde hojas de papel marcando cada vehículo hasta contadores electrónicos con teclados. Ambos métodos son manuales.

-Durante periodos de tránsito alto, es necesario más de una persona para efectuar los aforos. La exactitud y confiabilidad de los aforos depende del tipo y cantidad del personal, instrucciones, supervisión y la cantidad de información a ser obtenida por cada persona.

b. **Contadores Mecánicos.** Son aquellos que emplean instrumentos para realizar el registro de vehículos, sin que se requiera de personal permanente. Estos instrumentos se basan en principios como el de la célula fotoeléctrica, presiones en planchas especiales o por medio de detectores magnéticos o hidráulicos.

c. Atendiendo a su movilidad los contadores pueden ser fijos o portátiles. Los fijos se usan para hacer recuentos continuos en ciertos lugares, mientras que los portátiles son más ligeros y se utilizan para hacer recuentos parciales durante periodos de tiempo limitados.

Contadores permanentes son usados para aforar el tránsito continuamente. Es usado a menudo para estudios de tendencias. Pueden ser actuados por células fotoeléctricas, detectores magnéticos y detectores de lazo.

d. **Contadores Portátiles.** Toman nota de los volúmenes aforados cada hora y 15 minutos, dependiendo del modelo. Pueden ser tubos neumáticos u otro tipo de detector portátil. Entre sus ventajas se cuentan: una sola persona puede mantener varios contadores y, además, proveen aforos permanentes de todas las variaciones del tránsito durante el periodo del aforo. Entre sus desventajas se cuentan: no permiten clasificar los volúmenes por tipo de vehículo y movimientos de giro y muchas veces se necesitan aforos manuales ya que muchos contadores (en particular los de tubo neumático) cuentan más de un vehículo cuando son accionados por vehículos de más de un eje o por vehículos que viajen a velocidades bajas.

e. **Método del Vehículo en Movimiento.** Este método se emplea para obtener volúmenes de tránsito en un tramo de la vía urbana, sirviendo además para determinar tiempos y velocidades de recorrido medias.

Para aplicar este método se emplea un vehículo con su conductor, que recorre el tramo de vía considerado a la velocidad media de la corriente de tránsito, acompañado de uno o más observadores que deben registrar el tiempo que tarda el tramo de la vía considerado, los vehículos que se cruzan con él y están en sentido contrario, los vehículos pasados y los que se adelantan a él, en el mismo sentido.

2.4. Sistema de Hipótesis

Mejoraría el Planeamiento y Desarrollo Vial del tráfico entre las Av. Metropolitana I y II de la ciudad de Trujillo en el año 2019.

Operacionalización de las variables.

Las variables a considerar en este estudio serán:

-Variable Dependiente. Sentido de tráfico y falta de continuidad en la vía.

-Variables Independientes

- Continuidad futura en las vías.
- Condición del pavimento original antes de la rehabilitación.

Tabla 13

Operacionalización de las variables.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSI ONES	INDICAD ORES	INSTRUM ENTO DE MEDICION
Transitabilidad	Proporcionar mejor servicio a los usuarios que transitan en dichas Av. Metropolitana I y II de la ciudad de Trujillo.	Ancho de vía en un carril (m)	Accidentes	- Reportes estadísticos de los accidentes.

Fuente : Elaboración Propia

III. METODOLOGÍA EMPLEADA

3.1. Tipo y nivel de investigación

Aplicada, Descriptiva

3.2. Población y muestra de estudio

Población

Vehículos y peatones que transitan en la ciudad de Trujillo, entre el distrito de La Esperanza, Trujillo y Huanchaco.

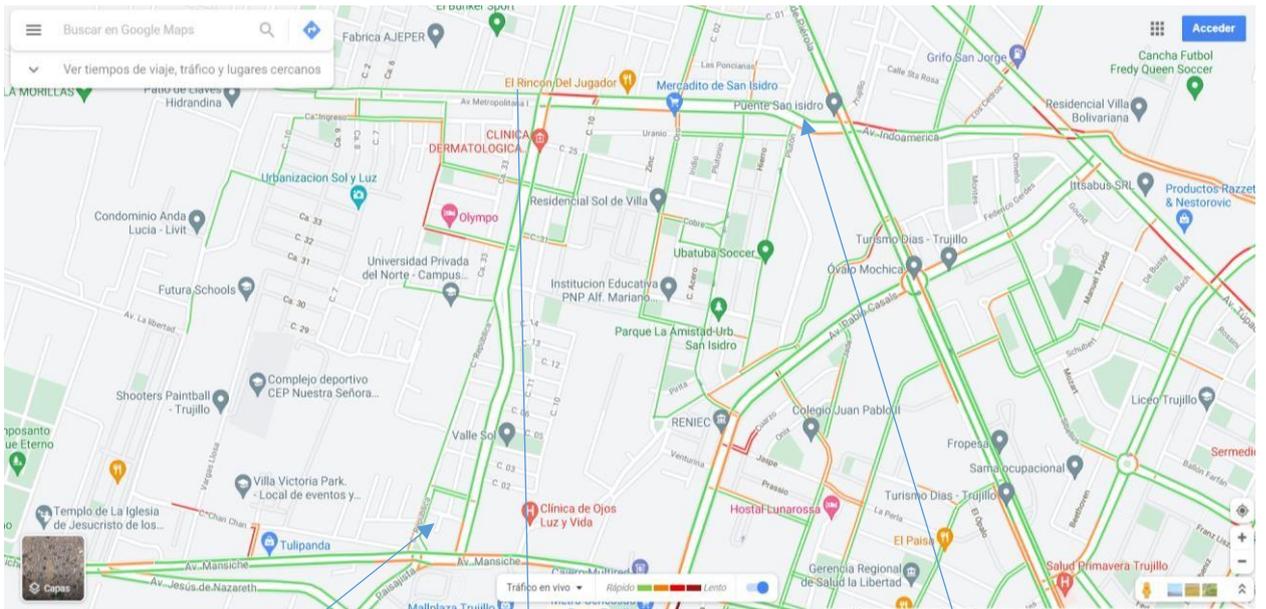
Muestra

Vehículos y peatones que transitan en la Avenida Metropolitana I y II; Carretera Panamericana Norte y Carretera a Huanchaco, durante las 24 horas diarias, los siete días de la semana.

Figura 12

Ubicación del tramo de las Av. Metropolitana I y II de la ciudad de Trujillo.





Fuente: Google Maps 2016

Final
Metropolitana II
y Av. Mansiche

Intersección
Metropolitana I y II

Inicio
Metropolitana I
y Panamericana

Figura 13

Ubicación del tramo de las Av. Metropolitana II y Av. Mansiche.



Fuente: Google Maps 2016

Figura 14

Ubicación del tramo de la Av. Metropolitana II.



Fuente: Google Maps 2016

Figura 15

Ubicación del tramo de la Av. Metropolitana II y II.



Fuente: Google Maps 2016

Figura 16

Ubicación del tramo de la Av. Metropolitana I.



Fuente: Google Maps 2016

Figura 17

Ubicación del tramo de la Av. Metropolitana I.



Fuente: Google Maps 2016

Figura 18

Ubicación del tramo de la Av. Metropolitana I y Av. Panamericana Norte.



Fuente: Google Maps 2016

3.3. Diseño de investigación

El diseño de la investigación es descriptivo, ya que se basó en la recolección de datos de la avenida Metropolitana, del Distrito de Trujillo – La Libertad, para luego procesar esos datos y dar las correspondientes propuestas.

También es del tipo analítico por que estudia las carencias o fallas y establece propuestas de solución y del tipo no experimental ya que no lo vamos implementar ninguna señalización, semaforización u otro.

- Variable Independiente

Mejorar Transitabilidad y la Seguridad Vial en la Avenida Metropolitana I y II de la ciudad de Trujillo.

- Variable Dependiente

Reducir los accidentes de tránsito con soluciones accesibles en Avenida la Avenida Metropolitana I y II y Carretera Panamericana Norte.

3.4. Técnicas e instrumentos de investigación

La recolección de datos ya que realizaremos un conteo manual donde realizaremos un estudio de tráfico y así proponer soluciones.

La técnica de observación para el cálculo del aforo vehicular y peatonal y en que parte o tiempo existe mayor tránsito de peatones y/o una mayor congestión vehicular.

Método científico que se basa en la observación sistemática, formulación y análisis que nos ayudarán a conocer las necesidades y alternativas o propuestas de solución.

3.5. Procesamiento y análisis de datos

Teniendo en cuenta los permisos obtenidos, que permitan el fácil acceso a recoger información se procede a ir a la zona de estudio.

El primer procedimiento a realizar será el de visualizar todo el tramo de estudio, para esto nos apoyaremos de un plano general, el cual estará con progresivas cada 20 m, de esta forma podremos ubicar las intersecciones más importantes del tramo, y del mismo modo instituciones importantes que se encuentren en la vía, pudiéndose observar la falta o no de señalización vertical y

horizontal. Este procedimiento de visualizar nos permitirá ver la realidad en la que se encuentra la vía y veredas.

Seguidamente se realizará conteo vehicular y peatonal en los puntos negros, que se consideren críticos, utilizando fichas de conteo vehicular y peatonal, podemos obtener los volúmenes que circulan en este tramo de avenida, con estos se puede conocer el aumento o no del parque automotor y del mismo modo si es compatible con el estado de la avenida.

Finalmente se realizarán mediciones que permitan tener parámetros exactos de anchos de vías y retiros.

Este proyecto tiene todos los medios metodológicos de tipo aplicada, descriptivo, que permitirán recabar información de tal manera que se pueda ver la realidad de manera exacta.

Para tener en cuenta las herramientas de análisis de datos que se utilizarán serán las hojas de cálculo Excel, se presentarán los datos estadísticos obtenidos en tendencia central e inferencial para poder tener proyección de volúmenes vehiculares y peatonales, se utilizarán diagramas de Causa y Efecto para poder describir la realidad actual con las soluciones planteadas, del mismo modo representaciones gráficas como histogramas, gráficas de barras y gráficas circulares para el funcionamiento de señalización.

Se utilizarán otras herramientas de apoyo como AUTOCAD para procesamiento de datos y mediciones digitales.

Con las herramientas mencionadas se podrá realizar la recolección de datos y procesarlas, tomando en cuenta criterios de Volúmenes vehiculares y peatonales, Medición de estado actual de la vía, y características de tiempos y velocidades. con esta información cuantificar y tomar soluciones teniendo en cuenta los parámetros establecidos en la normativa vigente.

En primer lugar, se procederá a la recopilación de la información existente relacionada con el tema de estudio. Los datos se obtendrán de documentación con trabajos científicos y técnicos publicados y en segundo lugar se recopilará informes previos disponibles sobre las principales características del tramo en estudio. En segundo lugar, se realizará una sectorización del Tramo de las Av. Metropolitana I y II, identificando los sectores donde se han producido daños severos en los recapeos asfálticos, constituyendo estos como los sectores de estudio.

IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Análisis e interpretación de resultados

4.1.1. Exploración a la condición por unidad de muestreo

De acuerdo a lo indicado el ítem 3.1. del Manual de Aplicación de PCI, empezamos por definir el número de muestras requerida para la evaluación del PCI, para esta finalidad, emplearemos la fórmula y criterios establecidos en este apartado de manual.

La teoría es muy conservadora en la toma de muestras, y se ciñe a la geometría de la carretera, especialmente al ancho de la sección, sin embargo, después de analizar cuidadosamente el tramo en estudio, nos dimos cuenta que estamos en 7.30 m.

Carreteras con capa de rodadura asfáltica y ancho menor que 7.30 m: El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango **230.0 ± 93.0 m²**. En el Cuadro 2 se presentan algunas relaciones longitud – ancho de calzada pavimentada. (Vásquez Varela, 2006, pág. 3).

Tabla 14

Longitudes de unidades de muestreo asfálticas.

Cuadro 2
LONGITUDES DE UNIDADES DE MUESTREO ASFÁLTICAS

Ancho de calzada (m)	Longitud de la unidad de muestreo (m)
5.0	46.0
5.5	41.8
6.0	38.3
6.5	35.4
7.3 (máximo)	31.5

Fuente: (Vásquez Varela, 2006)

Haciendo una comparación de los resultados en campo con el cuadro N° 02 del Manual de aplicación del PCI, el cual restringe las longitudes de las unidades de muestreo de la calzada en función al ancho de la misma, nos podemos ubicar en el límite de 7.30 metros de ancho, lo que nos corresponde una longitud máxima de nuestras para el análisis es de hasta 31.5 m

En campo realizamos un levantamiento con wincha, además de la toma de registros fotográficos, para construir de esta manera un esquema a escala real en CAD con todas las medidas en planta del tramo de pavimento en estudio, no obstante, cabe resaltar que las mediciones han sido tomadas incluyendo las bermas centrales y sardineles.

Además de realizar las mediciones de la geometría de la carretera, se han colocado escalas referenciales para poder medir además el ancho, longitud y profundidad de algunas de las fallas encontradas que así lo requieran, como por ejemplo una de las posibles y más recurrentes que es la falla por ahuellamientos y huecos.

Figura 19

Huecos en la calzada – AV. Metropolitana I y II.



Fuente: Propia 2019

Tabla 15

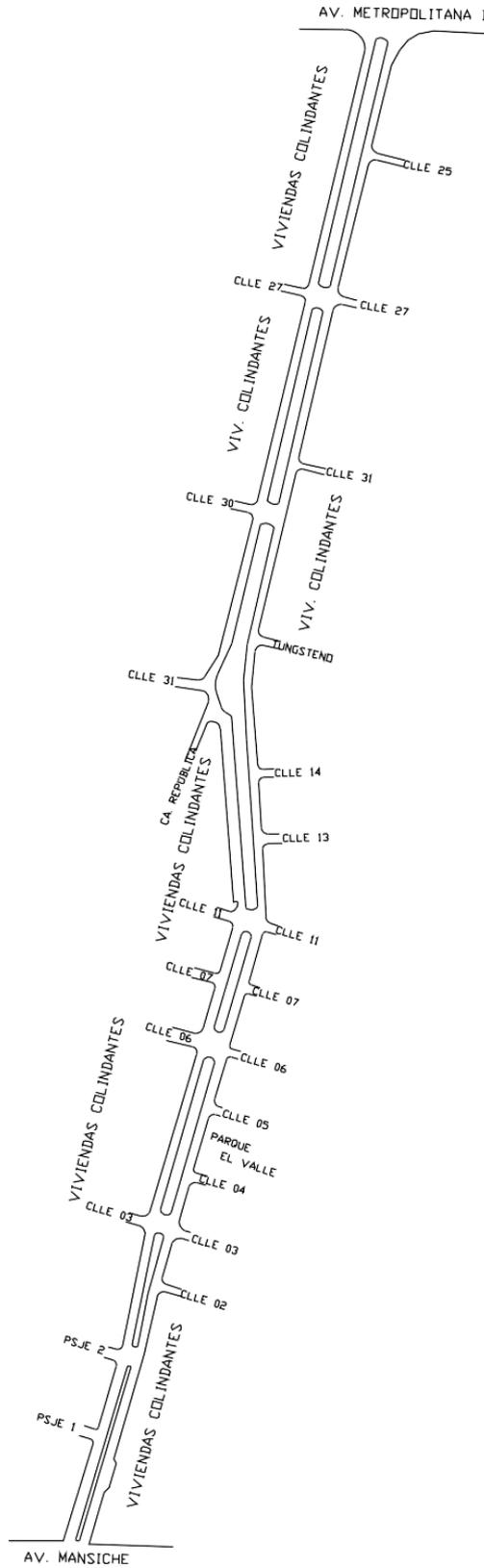
Formato de Cálculo PCI.

NDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI) ASTM 6433-99										
Via:	METROPOLIT	Prog. Inicial:	01.5	Unidad de muestreo:	04	MU_IDA				
Fecha:	05/09/20	Prog. Final:	03.4	Área de muestreo (m ²):	243	.57	Res. Mer.			
Tipos de Fallas										
Nº	Descripción	Und	Nº	Descripción	Und					
1	Piel de cocodrilo	m ²	11	Parque	m ²					
2	Exudación	m ²	12	Pulimento de agregados	m ²					
3	Agrietamiento en bloque	m ²	13	Huecos	Nº					
4	Abultamientos y hundimientos	m	14	Cruce de vía férrea	m ²					
5	Corrugación	m ²	15	Ahuellamiento	m ²					
6	Depresión	m ²	16	Desplazamiento	m ²					
7	Grieta de borde	m	17	Grieta parabólica (Shoade)	m ²					
8	reflexión de junta	m	18	Hinchamiento	m ²					
9	Desplazamiento de canchales	m	19	Desprendimiento de agregados	m ²					
10	Grietas longitudinales y transv.	m								
Tipos de falla existentes										
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	VALOR REDUCIDO
13	H	3					3	1.232	78	
13	M	1					1	0.411	18	

Fuente: Elaboración Propia

Figura 20

Esquema levantado de la avenida Metropolitana I.



Fuente: Autoría Propia

De acuerdo al levantamiento con wincha efectuado se puede apreciar que el tramo en cuestión no es totalmente recto, además cuenta con numerosas intersecciones y sardineles centrales que complementan su funcionamiento, la longitud total del tramo se puede ver en el plano de planta adjunto, para dicho estudio tendremos la cantidad de unidades total a continuación.

$$N = \frac{L_t}{L_m}$$

Siendo:

L_t = Longitud total de la Carretera en estudio = 1835 m

L_m : Longitud de la muestra según el Cuadro 02 = 31.50m.

Por lo tanto:

$$N = \frac{1835m}{31.5m}$$

$$N = 58.28$$

Por último, se reemplaza "N" en la fórmula 3.2, esta operación nos dará como resultado el número total de muestras necesaria para el estudio del estado de conservación del pavimento flexible, cabe resaltar que a este estado de conservación como diagnóstico final va a estar determinado por el muestreo, por lo que necesariamente tiene que ser aleatorio.

Siendo:

$$n = \frac{N \times \sigma^2}{e^2 + N \times (N - 1) + \sigma^2} \quad \text{Ecuación 1.}$$

4

Fórmula 01 – Determinación de unidades de Muestreo para la evaluación

$$n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{e^2}{4} \times (N - 1) + \sigma^2} \quad \text{Ecuación 1.}$$

Fuente: (Vásquez Varela, 2006, pág. 5)

n: Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

N: Número total de unidades de muestreo en la sección del pavimento.

e: Error admisible en el estimativo del PCI de la sección (e = 5%)

σ : Desviación estándar del PCI entre las unidades.

De lo anterior, tenemos:

$$N = 58.28$$

$$e = 5\%$$

$$\sigma: 10 \text{ (Según Ítem 3.2.2, Manual PCI)}$$

$$n = \frac{58.28 \times 10^2}{\frac{5^2}{4} \times (58.28 - 1) + 10^2} \quad \text{Ecuación 1.}$$

$$n = 5.93$$

Finalmente obtenemos la cantidad de muestras requeridas para cada tramo, siendo 6 de ida y 6 de regreso dando un total de 12 muestras para toda calzada correspondiente a la avenida Metropolitana I y II, la cual es objeto de estudio.

4.1.2. Determinación de las unidades para la inspección.

Ya se encuentra determinado el número total de las unidades de muestreo que son 12, sin embargo, deben estar correctamente espaciadas a lo largo de la

sección del pavimento y que primera muestra sea elegida al azar, según lo estipulado en la sección 3.3. del Manual de aplicación del PCI.

Entonces emplearemos el criterio adoptado y sugerido por el autor, para determinar el intervalo de las unidades de muestreo, el cual se plantea mediante la ecuación número 02.

Fórmula 02 – Determinación del intervalo de separación de las muestras

$$i = \frac{N}{n} \quad \text{Ecuación 2.}$$

Fuente: ((Vásquez Varela, 2006, pág. 5)

Siendo:

N: Número total de muestras en la sección de pavimento

n: Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar

$$i = \frac{58.28}{6}$$

Luego:

$$i = 9.71$$

Finalmente determinamos que las unidades de muestreo deben ser establecidas con un intervalo de cada 10 unidades.

4.1.3. Medición y registro de las muestras

De la visita en campo que se realizó en la Avenida Metropolitana I y II, se auscultó la calzada tomando registro de todas las fallas encontradas, que podrían ser consideradas importantes y que ameritan toda la atención posible, en algunos casos hemos empleado escalímetros, especialmente en las fallas de menor tamaño, para que al momento de tomar la fotografía ortogonal se tenga una referencia en escala asociada

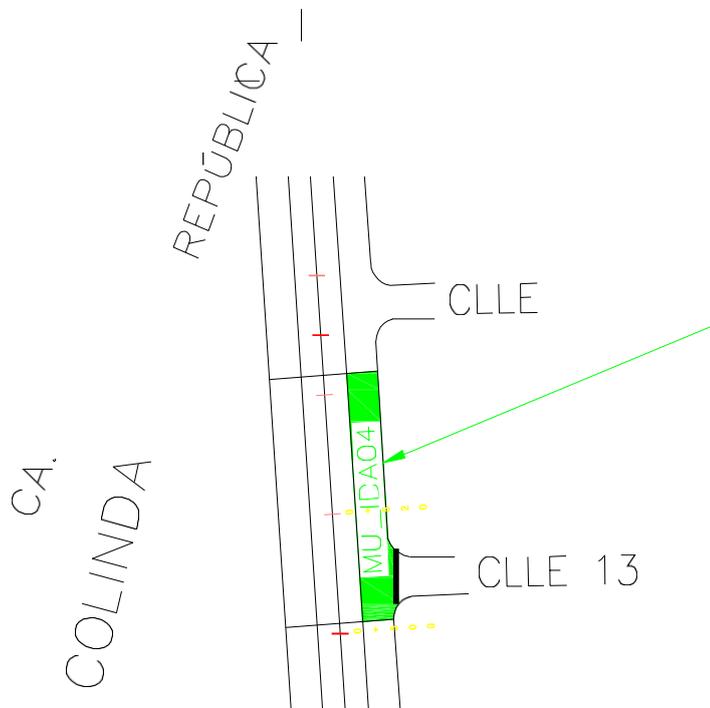
Continuando con la descripción del procedimiento de toma de datos, se emplearon también herramientas como por ejemplo winchas, tanto manuales como topográficas de hasta 50m, que además nos ha

permitido realizar el levantamiento de la zona de intervención.

De acuerdo al manual de daños procederemos a evaluar una ficha cotejada y ubicada en el tramo de ida de la avenida en estudio, la cual ha sido dividida en 58 tramos de quienes se han tomado 6 como muestra para el análisis PCI.

Figura 21

Esquema de ubicación: Muestra Tramo de IDA.



Fuente: Autoría Propia

4.1.4. Determinación del índice de condición superficial del pavimento

Para la muestra. Al completar la inspección de campo, la información sobre los daños se utiliza para calcular el PCI. El cálculo puede ser manual o computarizado, es decir a través de un software de procesamiento de información y se basa en los "Valores Deducidos" de cada daño de acuerdo con la cantidad y severidad reportadas.

Sin embargo, como se trata de una calzada cuya carpeta de rodadura ha sido pavimentada con asfalto, seguiremos lo estipulado en el Artículo 4.1. de manual de aplicación de PCI.

Etapa 1. Cálculo de los Valores Deducidos:

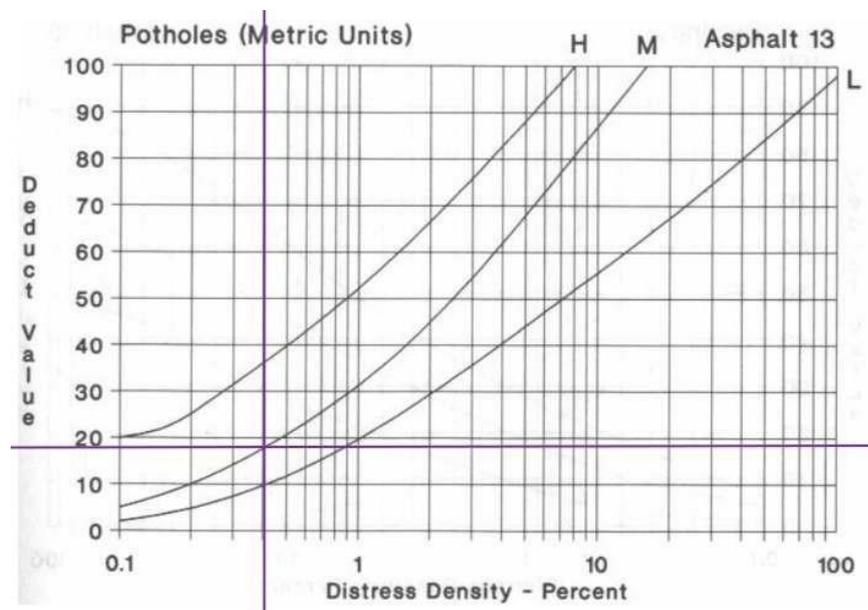
1.a. Se ha contemplado y anotado cada registro de daño y lo hemos relacionado con su severidad, codificación de cada falla, el factor de densidad y finalmente la totalidad de fallas encontradas en dicha sección de pavimento, lo contemplado ha sido inscrito en la ficha PCI-FORM. El daño puede medirse en área, longitud o por cantidad según su tipología.

FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES							TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO (VD)
13	H	3.00							3.00	1.23	78.00
13	M	1.00							1.00	0.41	18.00

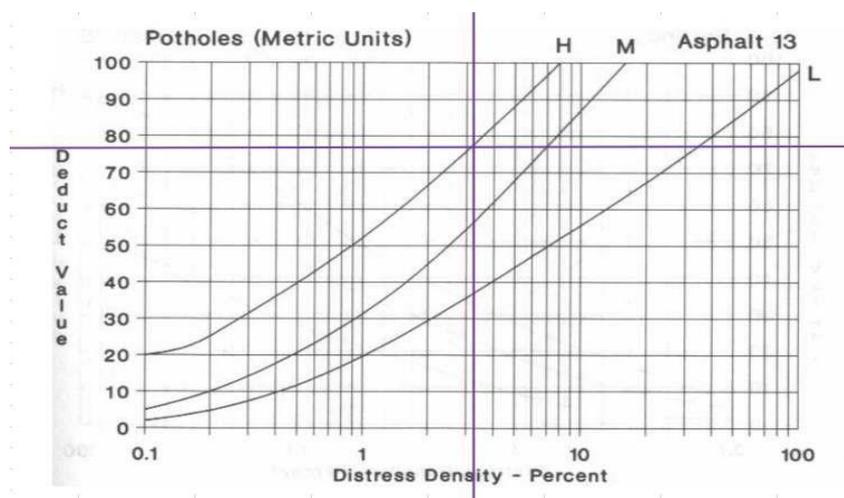
1. b. Se ha evaluado el cociente numérico entre CANTIDAD de veces que se repite el daño en cada nivel de severidad, y el ÁREA TOTAL de la unidad de muestreo para finalmente representar los resultados en formato porcentual. Este valor que viene a ser la DENSIDAD del daño, se interpola en los ábacos adjuntos de los modelos presentados en el Manual de PCI.

FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES							TOTAL	DENSIDAD
13	H	3.00							3.00	1.23
13	M	1.00							1.00	0.41

1.c. “Determinamos el VALOR DEDUCIDO para cada tipo de daño y su nivel de severidad mediante las curvas denominadas “Valor Deducido del Daño” que adjuntan al final de este documento, de acuerdo con el tipo de pavimento inspeccionado.” (Vásquez Varela, 2006)

Figura 22*Severidad Media (Medium).***Fuente:** (Vásquez Varela, 2006)

Con el apoyo del ábaco para la densidad de huecos, y en función a la severidad, que relaciona este último valor con el Valor deducido, evaluamos, cuál es su número correspondiente, todo esto para los valores Density = 0.93; M: Medium, para el cual obtenemos un valor de 18.

Figura 23*Severidad Alta (High).***Fuente:** (Vásquez Varela, 2006)

Teniendo en cuenta el siguiente valor de 1.23, contemplado para la misma tipología de falla, pero con una incidencia de mayor gravedad, es decir una severidad Alta (High),

se tiene un Valor deducido de 78.

TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO (VD)
3.00	1.23	78.00
1.00	0.41	18.00

Como resultado final en esta etapa de procesamiento de la muestra, encontramos un valor deducido de 78 para una densidad de 1.3, con un total de 03 incidencia de la falla en la misma muestra, asimismo para el nivel de incidencia medio, se ha presentado tan solo un caso, con una densidad de 0.41, al cual le corresponde un valor deducido de 18.

Etapas 2. Cálculo del Número Máximo Admisible de Valores Deducidos (m).

2.a. Si ninguno o tan sólo uno de los "Valores Deducidos" es mayor que 2, se usa el "Valor Deducido Total" en lugar del mayor "Valor Deducido Corregido", CDV, obtenido en la Etapa 4. De lo contrario, deben seguirse los pasos 2.b. y (Vásquez Varela, 2006)

Teniendo en cuenta lo indicado en el párrafo anterior, ordenamos de mayor a menos los valores deducidos encontrados para cada una de las fallas y según su nivel de severidad, para ello seguiremos el procedimiento reflejado en la ficha técnica

2. b. "Listamos los valores deducidos individuales deducidos de mayor a menor".

Nº	VALORES DEDUCIDOS							VDT	q
1	78.00	18.00						96.00	2.00
2	18.00	2.00						20.00	1.00

2. c. “Determine el “Número Máximo Admisible de Valores Deducidos” (m), utilizando la Ecuación 3”

$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV_i)$$

Donde:

m_i : Número máximo admisible de “valores deducidos”, incluyendo fracción, para la unidad de muestreo i .

HDV_i : El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo i .

$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - 43.10)$$

$$m_i = 6.22$$

2. d. El número de valores individuales deducidos se reduce a m , inclusive la parte fraccionaria. Si se dispone de menos valores deducidos que m se utilizan todos los que se tengan.

$$m_i = 6$$

Etapas 3. Cálculo del “Máximo Valor Deducido Corregido”, CDV:

El máximo CDV se determina mediante el siguiente proceso iterativo:

3.a. Determinamos el número de valores deducidos, q , mayores que 2.0.

$$\text{Número de valores deducidos } > 2 (q): 2$$

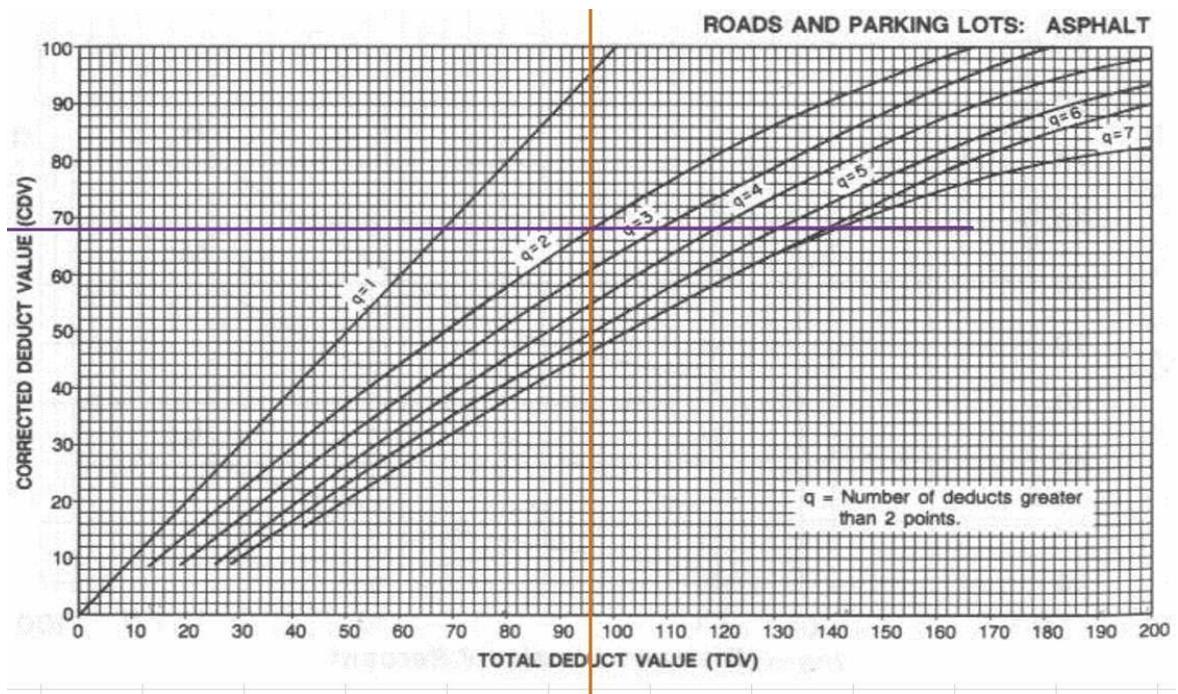
3. b. Determinamos el “Valor Deducido Total” sumando TODOS los valores deducidos individuales.

VDT	q
96.0 0	2.0 0
20.0 0	1.0 0

3. c. “Determinamos el CDV con q y el “Valor Deducido Total” en la curva de corrección pertinente al tipo de pavimento” (Vásquez Varela, 2006).

Figura 24

Valor Deducido Corregido para $q=2$.



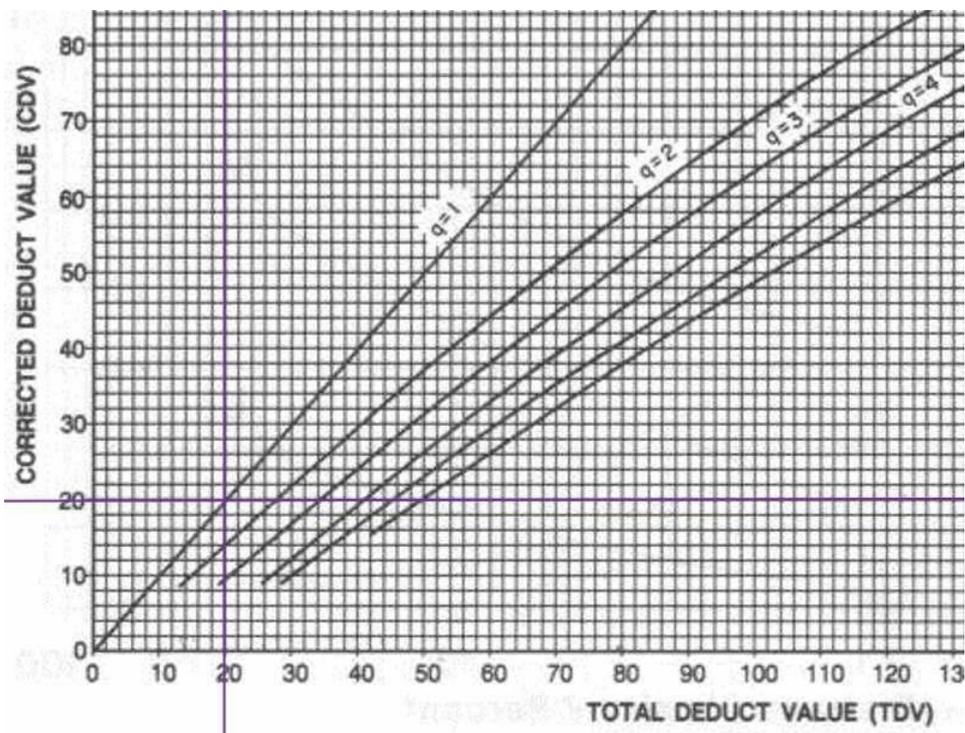
Fuente: (Vásquez Varela, 2006)

Por último, tenemos que hallar el valor deducido corregido, en función a los valores deducidos totales y el número de valores deducidos “q”, por lo que hemos acudido a la gráfica Roads and Parking Lots: Asphalt, de la página 92 correspondiente al manual de PCI, con el que se procederá a comparar los valores obtenidos en cada recuadro, que este caso es dos, 96 y 20 para 2 y 1 respectivamente, para el valor deducido de la gráfica corresponde un valor de 68.

Nº	VALORES DEDUCIDOS							VDT	Q	VDC
1	78.00	18.00						96.00	2.00	68.00
2	18.00	2.00						20.00	1.00	22.00

Figura 25

Valor Deducido Corregido para $q=1$.



Fuente: (Vásquez Varela, 2006)

Para el valor $q = 1$ tenemos

3. d. Luego hemos reducido a 2.0 el menor de los “Valores Deducidos” individuales que sea mayor que 2.0 y repita las etapas 3.a. a 3.c. hasta que q sea igual a 1

3. e. El máximo CDV es el mayor de los CDV obtenidos en este proceso.

Nº	VALORES DEDUCIDOS							VDT	q	VDC
1	78.0	18.00						96.00	2.00	68.00
2	18.00	2.00						20.00	1.00	22.00
									max VDC =	68.00

Etap 4. Calcule el PCI de la unidad restando de 100 el máximo CDV obtenido en la Etapa 3.

$$PCI = 100 - (\text{Máx VDC o Total VD})$$

$$PCI = 100 - 68$$

PCI = 32

Tabla 16

Rango de calificación del PCI.

Cuadro 1.
RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI

Rango	Clasificación
100 – 85	Excelente
85 – 70	Muy Bueno
70 – 55	Bueno
55 – 40	Regular
40 – 25	Malo
25 – 10	Muy Malo
10 – 0	Fallado

Fuente: (Vásquez Varela, 2006)

La condición de PCI para esta sección es (MALO)

Procesamiento automático de datos, para cada una de las secciones en forma particular, en este caso la imagen adjunta corresponde a la sección MU_IDA04, de la cual nos indica el valor deducido para falla N° 13, en severidad H y M, siendo 78 y 18 respectivamente, para el PCI de la sección se obtuvo un valor de 32, clasificándolo como malo.

Tabla 17

Resumen de la densidad de Fallas.

DENSIDAD DE FALLAS			
F1	Piel de cocodrilo	0.9%	Presenta
F3	Agrietamiento en bloque	0.7%	Presenta
F10	Grietas longitudinal y transv.	1.8%	Presenta
F11	Parqueo	1.7%	Presenta
F12	Pulimento de agregados	6.5%	Presenta
F13	Huecos	18.4%	Presenta
F19	Desprendimiento de agregados	2.0%	Presenta
		32.1%	

Fuente: Autoría Propia

4.2. Capacidad Vial de Intersecciones con Semáforo

Bañón y Bevía (2000) definen que la capacidad vial de intersecciones con semáforo es la tasa de flujo máximo que circula por la intersección bajo las condiciones de la calle, del tránsito y semáforo.

Cuando se habla de condiciones de tránsito, se refiere a los volúmenes dependiendo del tipo de movimiento; ya sea izquierda, directo o derecha, también depende de la composición vehicular, maniobras para estacionar, paraderos para autobuses y conflictos peatonales.

En lo que refiere a condiciones de calle, se refiere a las características geométricas de los accesos, ya sea ancho de carril, pendientes, entre otros. Para las condiciones de semáforo se refiere a la secuencia de fase, que es el tiempo en que los semáforos se mantienen en verde y el ciclo, lo cual es la sumatoria de todas las fases, incluyendo el tiempo de ámbar.

Usualmente se toma entre cinco o seis segundos de tiempo de despeje y transición, de los que tres segundos corresponden al ámbar y dos o tres a un factor de seguridad en el cual todas las fases se encuentran en rojo, el tiempo total de un ciclo semaforico está expresado de la siguiente manera:

$$C = \sum_{i=1}^n V_i + n * (Y + D)$$

Donde:

n : Número de fases

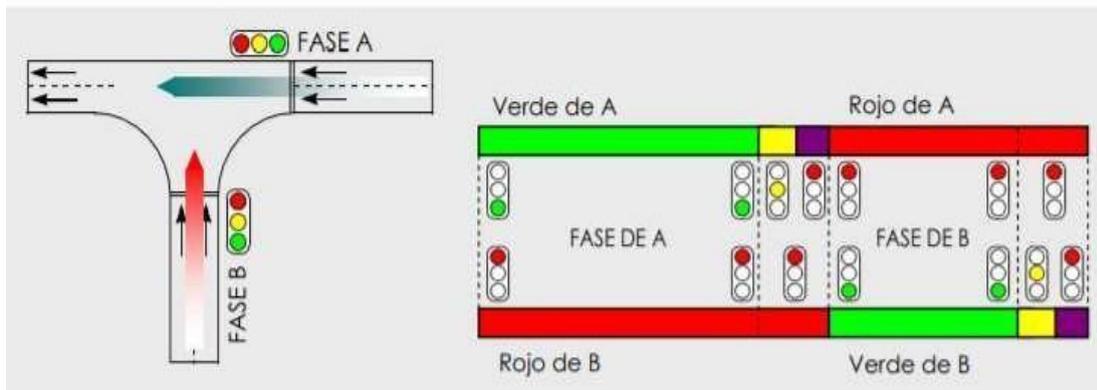
V_i : Fases o verdes que integran el ciclo

Y : Tiempo de ámbar

D : Tiempo de seguridad o despeje

Figura 26

Funcionamiento esquemático de una intersección semaforizada.



Adaptado de “*Funcionamiento esquemático de una intersección semaforizada*” (p.206) por Bañón B. y Beví G., 2014, Manual de Carreteras.

Se aconseja que los ciclos tengan un intervalo entre cincuenta y 100 segundos, por ninguna razón se debe colocar tiempo en verde de 10 segundos, tampoco tiempos en rojo superiores a 90 segundos, pues este último ocasionaría la desesperación del conductor (p. 206 – 207).

4.2.1. Niveles de Servicio de una Intersección Semaforizada.

El (Manual de capacidad de Carreteras, 2010, p. 211) define los siguientes niveles: A, B, C, D, E, F al igual que para la circulación continua.

4.2.2. Determinación del Nivel de Servicio de un Intersección Semaforizada

Bañón y Beví (2000) afirman que, para determinar el nivel de servicio, se debe evaluar la intensidad y la capacidad:

4.2.2.1. Intensidad. Número de vehículos que pasan por la intersección en un tiempo dado. Sus indicadores son los siguientes:

$$I_v = \frac{C}{V} \quad * I = \frac{I}{FV}$$

4.2.2.2. Capacidad. Es la máxima intensidad que un acceso puede soportar, se estudia la capacidad real de una intersección (C_R) y se hace referencia a la capacidad por hora verde (C_V).

$$C_R = N * C_V = F_V * C_V$$

Donde:

F_V : Factor de verde: Proporción de verde respecto al ciclo en una fase

La capacidad ideal para una intersección es 1.900 vehículos ligeros por hora verde y carril (vl/hv/c), además se modificará por diversos factores (p. 212):

$$C_R = 1.900 * N * F_V * F_A * F_P * F_i * F_e * F_{bb} * F_{gd} * F_{gi} * F_{ar}$$

N : Número de carriles del grupo de carriles

F_V : Factor de verde

F_A : Factor de corrección por ancho del carril

F_P : Factor de ajuste por vehículos pesados

F_i : Factor de corrección por pendientes

F_e : Factor de corrección por estacionamientos

F_{bb} : Factor de ajuste por paradas de autobús

F_{gd} : Factor de corrección por giros a la derecha

F_{gi} : Factor de corrección por giros a la izquierda

F_{ar} : Factor de corrección por zona urbana

A continuación, se presentan las siguientes tablas para determinar los diversos factores:

Tabla 18*Factor de anchura.*

ANCHURA (f_A)			
$f_A = 1 + \frac{A - 3.60}{9}$ A = Ancho del carril (2,40 ≤ A ≤ 4.80 m)			
Ancho (m)	f_A	Ancho (m)	f_A
2.40	0.867	3.60	1.000
2.70	0.900	3.90	1.033
3.00	0.933	4.20	1.067
3.30	0.967	4.50	1.100

Adaptado de “Factor de anchura” (p.213) por Bañón B. y Bevía G., 2000, Manual de Carreteras.

Tabla 19*Factor de vehículos pesados.*

PESADOS (f_P)			
$f_P = \frac{1}{1 + P_P \cdot (E_C - 1)}$ P _P = % de vehículos pesados (0 ≤ P _P ≤ E _C = 2.0)			
% Pesados	f_P	% Pesados	f_P
0	1.000	25	0.800
2	0.980	30	0.769
4	0.962	35	0.741
6	0.943	40	0.714
8	0.926	45	0.690
10	0.909	50	0.667
15	0.870	75	0.571
20	0.833	100	0.500

Adaptado de “Factor de vehículos pesados” (p.213) por Bañón B. y Bevía G., 2000, Manual de Carreteras.

Tabla 20*Factor de inclinación.*

INCLINACIÓN (f_i)		
$f_i = 1 - \frac{i}{200}$ <i>i</i> = Pendiente en % (-6 ≤ <i>i</i> ≤ +10)		
TIPO	PENDIENTE (%)	f_i
Bajada	-6 ó inferior	1.030
	-4	1.020
	-2	1.010
A nivel	0	1.000
Subida	+2	0.990
	+4	0.980
	+6	0.970
	+8	0.960
	+10 ó sup.	0.950

Adaptado de “Factor de Inclinación” (p.213) por Bañón B. y Bevía G., 2000, Manual de Carreteras.

Tabla 21*Factor de estacionamiento.*

ESTACIONAMIENTO (f_e)			
$f_e = 1 - \frac{0.1}{N} - \frac{18 \cdot N_m}{3600 \cdot N} > 0.05$ $N_m = \text{N}^\circ \text{ de estacionamientos por hora}$ (0 ≤ N_m ≤ 180)			
N_m	Nº de carriles (N)		
	1	2	3
Prohibido	1.000	1.000	1.000
0	0.900	0.950	0.967
10	0.850	0.925	0.950
20	0.800	0.900	0.933
30	0.750	0.875	0.917
40	0.700	0.850	0.900
50	0.650	0.825	0.883
60	0.600	0.800	0.867
70	0.550	0.775	0.850

Adaptado de “Factor de estacionamiento” (p.213) por Bañón B. y Bevía G., 2000, Manual de Carreteras.

Tabla 22*Factor de zona urbana.*

ZONA URBANA (f_{ar})		
TIPO DE ÁREA	CENTRO URBANO (CBD)	ZONAS PERIFÉRICAS
FACTOR DE ÁREA (f_{ar})	0.90	1.00

Adaptado de “Factor de zona urbana” (p.213) por Bañón B. y Bevíá G., 2000, Manual de Carreteras.

Tabla 23*Factor de parada de autobús.*

PARADAS DE AUTOBÚS (f_{bb})						
$f_{bb} = 1 - \frac{14.4 \cdot N_b}{3600 \cdot N} \geq 0.05$ $N_b = \text{N}^\circ \text{ de autobuses que paran por hora}$ $(0 \leq N_m \leq 250)$						
Nº DE CARRILES (N)	Nº DE AUTOBUSES QUE PARAN POR HORA (N_b)					
	0	10	20	30	40	50
1	1.000	0.960	0.920	0.880	0.840	0.800
2	1.000	0.980	0.960	0.940	0.920	0.900
3	1.000	0.987	0.973	0.960	0.947	0.933

Adaptado de “Factor de Paradas de Autobús” (p.213) por Bañón B. y Bevíá G., 2000, Manual de Carreteras.

Tabla 24

Factor de giro a la derecha.

GIROS A LA DERECHA (f_{gd})						
P_{gd} = Proporción de giros a la derecha $P_{gd,p}$ = Proporción de giros protegidos a la derecha I_p = Intensidad peatonal en conflicto (pt/h)						
CARRIL (EXCL=Exclusivo, COMP=Compartido) FASE (PROT=Protegida, PERM=Permitida, PR+PE=Protegida/Permitida)						
CASO			RANGO DE VARIABLES			FÓRMULA SIMPLIFICADA
Nº	CARRIL	FASE	P_{gd}	$P_{gd,p}$	I_p	
1	EXCL.	PROT.	1.0	1.0	0	0.85
2		PERM.	1.0	0	0-1700	$0.85 - (I_p/2100)$
3		PR+PE	1.0	0-10	0-1700	$0.85 - (I_p/2100) \cdot (1 - P_{gd,p})$
4	COMP.	PROT.	0-1	1.0	0	$1 - 0.15 \cdot P_{gd}$
5		PERM.	0-1	0	0-1700	$1 - P_{gd} \cdot (0.15 + I_p/2100)$
6		PR+PE	0-1	0-10	0-1700	$1 - P_{gd} \cdot \left(0.15 - \frac{I_p \cdot (1 - P_{gd,p})}{2100} \right)$
7	ACCESO DE UN SOLO CARRIL	0-1	-	0-1700		$0.90 - P_{gd} \cdot (0.135 + I_p/2100)$

Adaptado de "Factor de vehículos pesados" (p.213) por Bañón B. y Beví G., 2000, Manual de Carreteras.

Tabla 25

Factor de giro a la izquierda.

GIROS A LA IZQUIERDA (f_{gi})						
P_{gi} = Proporción de giros a la izquierda Q_0 = Intensidad en sentido opuesto (veh/h)						
CASO			FÓRMULA SIMPLIFICADA			
Nº	CARRIL	FASE				
1	EXCL.	PROT.	0.95			
2		PERM.	Procedimiento especial (Ver manual de Capacidad)			
3		PR+PE	Caso 1 a fase protegida	Caso 2 a fase permitida		
4	COMP.	PROT.	$f_{gi} = 1/(1+0.05 \cdot P_{gi})$			
5		PERM.	Procedimiento especial (Ver manual de Capacidad)			
6		PR+PE	$Q_0 < 1.220$	$f_{gi} = \frac{1400 - Q_0}{(1400 - Q_0) + P_{gi} \cdot (235 + 0.435Q_0)}$		
	$Q_0 \geq 1.220$		$f_{gi} = \frac{1}{1 + 4.525 \cdot Q_0}$			
7	ACCESO DE UN SOLO CARRIL		No se contempla			

Adaptado de "Factor de vehículos pesados" (p.213) por Bañón B. y Beví G., 2000, Manual de Carreteras.

4.2.3. *Movimientos en Intersecciones*

(Bañón y Bevíá, 2000, p.207-208). En una intersección semaforizada, además de la importancia que tiene la asignación del tiempo en verde, también se debe tomar en cuenta la disposición de los tipos de movimiento que se distinguen dentro de una secuencia de fases, en la figura 10 se puede apreciar a detalle los diferentes tipos de movimientos.

4.2.3.1. De Paso. El vehículo continúa circulando en la misma dirección que iba antes de pasar por la intersección.

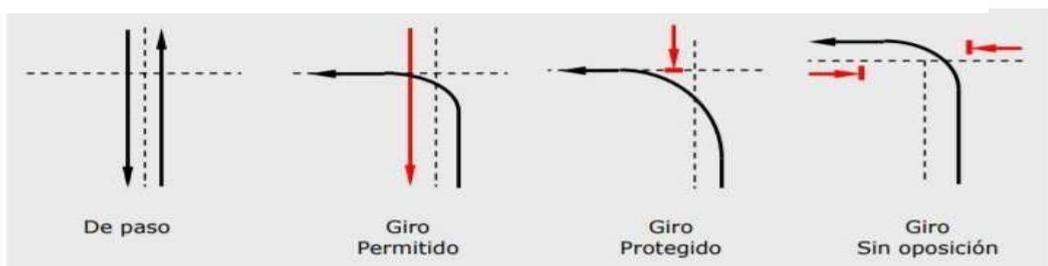
4.2.3.2. Giro Permitido. El vehículo debe pasar por un tránsito vehicularo peatonal en sentido contrario, así como, cuando se permite realizar un giro a la izquierda al mismo tiempo que se permite el movimiento del tránsito que va en sentido contrario.

4.2.3.3. Giro Protegido. En este caso el vehículo puede realizar la maniobra sin presentarse obstáculos vehiculares o peatonales ya que tienen una fase exclusiva para ellos.

4.2.3.4. Giro sin Oposición. Este giro no requiere una fase exclusiva, ya que la geometría del cruce no permite que se generen interferencias durante el paso del tránsito.

Figura 27

Tipos de giros.



Adaptado de “*Factor de movimientos en una intersección*” (p.208) por Bañón B. y Bevíá G., 2000, Manual de Carreteras.

4.3. Señalización Vertical

(R.M. N 210-2000-MTC/15.02, 3 de mayo, señales verticales, p.6-7) Todas las carreteras serán señalizadas con instrumentos o dispositivos de señalización vertical, éstos existen en diferentes materiales como paneles de resina poliéster, paneles de fierro galvanizado, paneles de aluminio y portes de soporte, entre otros.

4.3.1. Función.

Como instrumentos de verificación de tráfico se utilizarán de acuerdo con las recomendaciones de las investigaciones o estudios técnicos que se realicen. Se utilizarán para organizar el tráfico y anticipar cualquier peligro que pudiera aparecer en el tráfico vehicular. Asimismo, informar al usuario sobre direcciones, destinos, rutas, centros de recreación, lugares turísticos y culturales, así como las dificultades existentes en las vías.

4.3.2. Clasificación. Las señales verticales en una vía se clasifican en.

4.3.2.1. Señales Regulatoras o de Reglamentación. Tienen por finalidad comunicar a las personas que circulan por la vía de las limitaciones, restricciones o prohibiciones que rigen el uso de ella y cuya violación constituye una infracción o delito.

4.3.2.2. Señales de Información. Tienen por objeto identificar las vías y guiar a las personas que circulan por la vía, proporcionándole la información que pueda necesitar.

4.3.2.3. Señales de Prevención. Su función es notificar a las personas en la vía de la existencia de un peligro.

4.3.2.4. Forma. Las señales de normalidad deben asumir la figura circular inscrita en el interior de una placa rectangular en la que también figura la leyenda explicativa del símbolo, a excepción de forma ortogonal «PARE» y la señal "CEDA EL PASO", en forma de triángulo equilátero con el vértice hacia abajo. Las señales de advertencia tendrán forma romboidal, un cuadrado con la diagonal correspondiente en posición vertical, a excepción de las de delimitación de curvas; los de " ZONA DE NO ADELANTAR " que tendrán forma triangular y CHEVRON, cuya forma será rectangular, correspondiendo

su mayor dimensión al lado vertical.

Las señales de información tendrán forma rectangular con su mayor dimensión horizontal, excepto las señales auxiliares y los indicadores de ruta.

4.3.2.5. Colores. El color de fondo que se utilizará en las señales verticales será el siguiente:

4.3.2.5.1. Amarillo. Se utilizará como fondo para señales de advertencia.

4.3.2.5.2. Azul. Se utilizará como fondo en la señalización de servicios auxiliares al conductor y en la señalización de información direccional urbana. También se utilizará como fondo para señales turísticas.

4.3.2.5.3. Naranja. Se utilizará como fondo para señales en zonas de construcción y mantenimiento de carreteras y calles.

4.3.2.5.4. Negro. Se utilizará como fondo en las señales informativas de dirección del tráfico al igual que los símbolos y leyendas de las señales reglamentarias, de construcción, prevención y mantenimiento.

4.3.2.5.5. Blanco. Se utilizará como fondo para las señales reglamentarias, al igual que los símbolos o leyendas de las señales de información urbana y rural y en la palabra "PARE". También se utilizará como fondo para señales de información en carreteras secundarias.

4.3.2.5.6. Rojo. Se utilizará como fondo en las señales "PARE", "NO ENTRE", en el borde de la señal "CEDA EL PASO" y para los bordes y diagonales en las señales reglamentarias.

4.3.2.5.7. Marrón. Se puede utilizar como fondo para señales guías delugares turísticos, interés cultural y centros de recreación.

4.3.2.5.8. Verde. Se utilizará como fondo para las señales informativas en las carreteras y autopistas principales. También se puede utilizar para señales que contengan mensajes de carácter ecológico.

4.4. Señalización Horizontal:

(N°16-2016-MTC/14, 31 de mayo, Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para calles y carreteras) Son marcas viales o conjunto de señales conformadas por líneas, símbolos o leyendas en distintos tipos o colores y que se encuentran ubicadas sobre el pavimento de una vía.

4.4.1. Materiales. Para esta señalización se utiliza pintura, instrumentos de plástico, entre otros, los cuales deben satisfacer a las cualidades reglamentarias, dadas por “Especificaciones Técnicas de Pinturas para Obras Viales”, Manual de carreteras: “Mantenimiento o Conservación Vial”, que se encuentren presentes.

4.4.2. Tolerancias. La señalización horizontal debe ser nítida y visible al ojo humano en su totalidad; en caso que se necesite resaltar una demarcación es posible aumentar su tamaño, pero deberá justificarse con una investigación técnica y los símbolos y leyendas deberán mantener su tamaño.

2.1.1.1. Color. Se emplearán los siguientes colores:

2.1.1.1.1. Blanco. Para separar el flujo de vehículos en una misma dirección, se utilizarán marcas horizontales, elevadas y transversales, espacios de estacionamiento y letras en el borde de la vía.

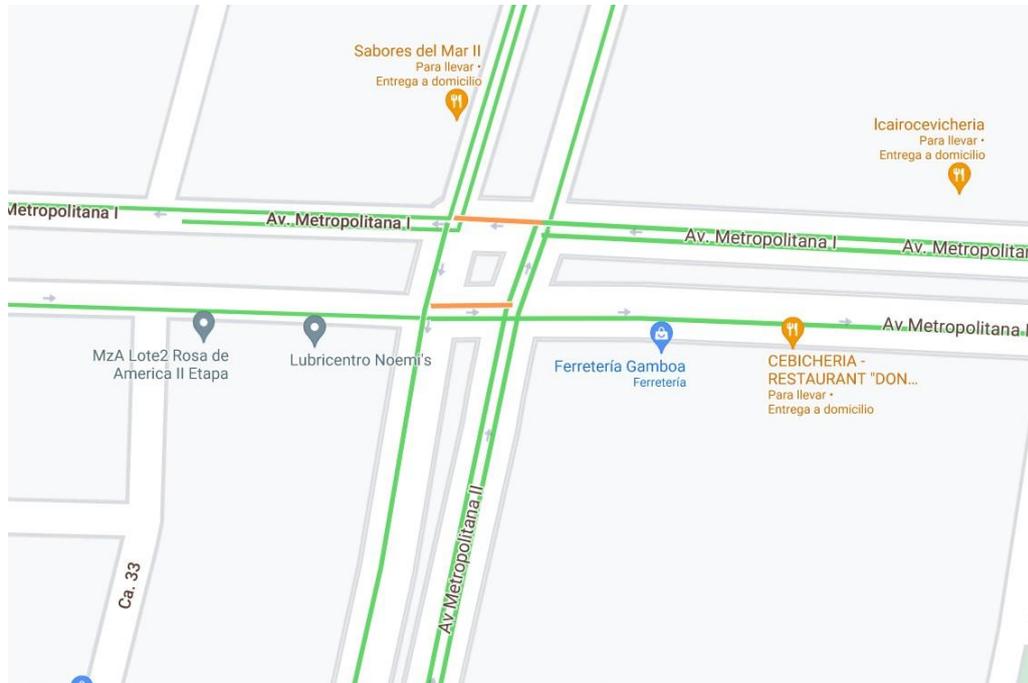
2.1.1.1.2. Amarillo. Utilizada para resaltar condiciones especiales de la vía, ya sea carriles en sentido opuesto, carriles utilizados exclusivamente para sistemas de transporte masivo, marcas elevadas en donde no se permite estacionar

2.1.1.1.3. Azul. En señales cuya función es informar, ya sea zonas exclusivas para el estacionamiento de personas con movilidad reducida, separar carriles en donde se cobra peaje electrónico, entre otros.

4.1.1. Intersección Semaforizada: Av. Metropolitana I con Av. Metropolitana II

Figura 28

Intersección Metropolitana I y II.



Fuente: propia

4.1.1.1. Aforo Vehicular. Para el aforo vehicular de la intersección de la Av. Metropolitana I con Av. Metropolitana II se utilizó el método manual, con conteos de 12 horas (7:00 a.m.–7:00 p.m.) durante 6 días de la semana (lunes a sábado), se obtuvieron los siguientes datos como lo indica la tabla.

Tabla 26

Aforo Vehicular: Av. Metropolitana I con Av. Metropolitana II desde lunes 13 de enero a sábado 18 de enero del 2020.

Hora	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Total
8:00 07:00 -	148	151	182	170	143	221	1,015
9:00 08:00 -	182	192	157	155	180	235	1,101
10:00 09:00 -	217	208	221	182	196	245	1,269
11:00 10:00 -	180	194	211	156	178	210	1,129
12:00 11:00 -	192	163	171	177	182	222	1,107
13:00 12:00 -	205	215	200	211	176	218	1,225
14:00 13:00 -	235	203	224	228	219	235	1,342
15:00 14:00 -	221	233	241	211	208	207	1,321
16:00 15:00 -	163	145	155	171	168	198	1,000
17:00 16:00 -	151	138	125	149	164	197	924
18:00 17:00 -	180	122	134	137	151	240	964
19:00 18:00 -	215	219	209	200	225	257	1,325
TOTAL	2,287	2,183	2,230	2,147	2,190	2,685	13,7
%	16.67	15.91	16.25	15.65	15.96	19.57	100

(Merino, 2020) Aforo Vehicular: Av. Metropolitana I con Av. Metropolitana II

El día donde se observa mayor demanda vehicular es el día sábado, y la hora en la que circulan mayor número de vehículos es entre 1:00 p.m. - 2:00 p.m.

4.1.1.2. Cálculo de Factor de Hora Punta. Para determinar el factor de hora punta se tomaron datos cada 15 minutos en el día y hora de mayor demanda vehicular (sábado 1:00 p.m. - 2:00 p.m.) como lo muestran a continuación las tablas N°9, N°10, N°11 y N°12.

Tabla 27*Aforo vehicular – Día sábado (1:00 p.m. – 1:15 p.m.).*

1:00 - 1:15	Av. Metropolitana I				Av. Metropolitana II				Total	Porcentaje
	↑	↗	↓	↖	→	↘	←	↙		
Moto lineal	1	1	1	1	1	1	0	1	7	12.73
Moto taxi	0	1	0	0	0	1	0	0	2	3.64
Automóvil	2	1	1	1	1	2	1	2	11	20.00
Station wagon	1	1	0	1	1	1	0	1	6	10.91
Camioneta pick up	1	1	1	0	1	0	1	1	6	10.91
Camioneta panel	0	1	0	0	0	1	1	1	4	7.27
Camioneta rural	1	0	1	1	0	1	0	1	5	9.09
Micro	1	1	1	1	0	0	1	1	6	10.91
Omnibus 2E	0	0	0	1	1	1	0	1	4	7.27
Omnibus 3E	0	0	0	1	1	0	0	0	2	3.64
Camión 2E	1	0	0	0	0	0	1	0	2	3.64
Camión 3E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Camión 4E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Semitraylers 2S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Semitraylers 2S3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Semitraylers 3S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Semitrylers >= 3S3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Traylers 2T2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Traylers 2T3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Traylers 3t2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Traylers >=3T3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Total	8	7	5	7	6	8	5	9	235	100

(Merino, 2020) Aforo Vehicular: Av. Metropolitana I con Av. Metropolitana II

Tabla 28

Aforo vehicular – Día sábado (1:15 p.m. – 1:30 p.m.)

1:15 - 1:30	Av. Metropolitana I				Av. Metropolitana II				Total	Porcentaje
	↑	↗	↓	↖	→	↘	←	↙		
Giros										
Moto lineal	1	1	0	1	0	1	1	1	6	8.96
Moto taxi	0	0	1	0	1	0	0	0	2	3.64
Automóvil	1	2	1	1	1	2	1	1	10	14.93
Station wagon	0	1	1	1	3	1	1	1	9	13.43
Camioneta pick up	1	2	1	2	1	1	1	2	11	16.42
Camioneta panel	1	1	1	1	1	1	1	1	8	11.94
Camioneta rural	0	1	2	1	2	1	1	1	9	13.43
Micro	1	1	1	1	1	1	1	1	8	11.94
Omnibus 2E	0	0	1	1	0	0	0	1	3	4.48
Omnibus 3E	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1.49
Camión 2E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Camión 3E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Camión 4E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Semitraylers 2S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Semitraylers 2S3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Semitraylers 3S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Semitraylers >= 3S3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Traylers 2T2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Traylers 2T3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Traylers 3t2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Traylers >=3T3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Total	5	9	9	9	10	9	7	9	67	100

(Merino, 2020) Aforo Vehicular: Av. Metropolitana I con Av. Metropolitana II

Tabla 29*Aforo vehicular – Día sábado (1:30 p.m. – 1:45 p.m.)*

1:30 - 1:45	Av. Metropolitana I				Av. Metropolitana II				Total Porcentaje	
	↑	↗	↓	↖	→	↘	←	↙		
Giros										
Moto lineal	1	1	1	1	1	1	1	1	8	17.78
Moto taxi	0	1	0	0	0	1	0	0	2	4.44
Automóvil	2	1	1	1	1	2	1	1	10	22.22
Station wagon	1	1	0	1	1	1	0	1	6	13.33
Camioneta pick up	1	1	1	1	1	0	0	1	6	13.33
Camioneta panel	0	1	0	0	1	0	0	1	3	6.67
Camioneta rural	1	1	1	1	0	0	0	0	4	8.89
Micro	1	0	1	1	0	0	1	1	5	11.11
Omnibus 2E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Omnibus 3E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Camión 2E	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2.22
Camión 3E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Camión 4E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Semitraylers 2S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Semitraylers 2S3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Semitraylers 3S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Semitrylers >= 3S3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Traylers 2T2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Traylers 2T3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Traylers 3t2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Traylers >=3T3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Total	7	7	5	6	5	5	4	6	45	100.00

(Merino, 2020) Aforo Vehicular: Av. Metropolitana I con Av. Metropolitana II

Tabla 30*Aforo vehicular – Día sábado (1:45 p.m. – 2.00 p.m.)*

1:45 – 2.00	Av. Metropolitana I				Av. Metropolitana II				Total	Porcentaje
	↑	↗	↓	↖	→	↘	↙	↗		
Giros										
Moto lineal	1	1	0	1	0	1	2	1	7	10.29
Moto taxi	0	0	1	0	1	0	0	0	2	4.44
Automóvil	1	2	1	1	1	2	1	1	10	14.71
Station wagon	0	1	1	1	3	1	1	1	9	13.24
Camioneta pick up	1	2	1	2	1	1	2	2	12	17.65
Camioneta panel	1	1	1	1	1	1	1	1	8	11.76
Camioneta rural	0	1	1	1	2	1	1	1	8	11.76
Micro	1	1	1	1	1	1	1	1	8	11.76
Omnibus 2E	0	0	1	1	0	0	0	1	3	4.41
Omnibus 3E	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1.47
Camión 2E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Camión 3E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Camión 4E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Semitraylers 2S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Semitraylers 2S3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Semitraylers 3S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Semitrylers >= 3S3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Traylers 2T2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Traylers 2T3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Traylers 3t2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Traylers >=3T3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Total	5	9	8	9	10	9	9	9	68	100.00

(Merino, 2020) Aforo Vehicular: Av. Metropolitana I con Av. Metropolitana II

Como se logra observar el momento más crítico en la mencionada intersección es entre 1:45 p.m. – 2:00 p. m., para calcular el factor de hora de máxima demanda, se aplicó la siguiente fórmula:

$$FHMD = \frac{VHMD}{N (q \text{ max. } 15)}$$

Donde:

FHMD: Factor de hora de máxima demanda

VHMD: Volumen horario de máxima demanda

N : Número de periodos en la hora de máxima demanda

Reemplazando:

$$FHMD = \frac{235}{4 (68)}$$

El factor de hora de máxima demanda en Av. Metropolitana I con Av. Metropolitana II es 0.86

- 4.2.1.1. Tipos de vehículos que transitan por la Av. Metropolitana I con Av. Metropolitana II.** Como se observa, la mayor cantidad de vehículos que transitan por la intersección semaforizada Av. Metropolitana I con Av. Metropolitana II son automóviles.

4.1.1.1. Evaluación del Nivel de Servicio y Capacidad Vehicular de la Intersección Av. Metropolitana I con Av. Metropolitana II. Para evaluar el nivel de servicio y capacidad vehicular de la intersección Metropolitana I con Av. Metropolitana II, se empleó el Manual de Capacidad de Carreteras, para lo cual fue necesario obtener los siguientes datos.

4.1.1.1.1. Ancho de Calzadas.

Av. Metropolitana I con Av. Metropolitana II. (2 calzadas, cada una de dos carriles): 3.50 m. cada carril

4.1.1.1.2. Porcentaje de Vehículos Pesados. Según los datos obtenidos en el aforo vehicular de la intersección Av. Metropolitana I con Av. Metropolitana II, el porcentaje de vehículos pesados es 3.64%

4.1.1.1.3. Pendiente de las Vías. Según la Municipalidad Distrital de Trujillo, el área de estudio se encuentra enmarcada dentro del casco urbano de la ciudad de Trujillo, siendo una de las calles transitadas, su relieve es plano, debido a la geomorfología existente, y con la presencia de unas quebradas, presentando pendientes que superan el 1.5%.

4.1.1.1.4. Estacionamiento de Vehículos en las Vías. Se encontraron 1 vehículos estacionados por hora en la Av. Metropolitana II. En encontró 4 vehículos estacionados por hora en la Av. Metropolitana II

4.1.1.1.5. Paradas de Autobuses. Se encontraron 1 parada de autobúsen la Av. Metropolitana I y 1 parada de autobús en la Av. Metropolitana II.

4.1.1.1.6. Tipo de Zona de Intersección. Zona urbana

4.1.1.1.7. Grupos de Carril. Se encontraron 3 grupos de carril en la Av. Metropolitana I con Av. Metropolitana II

En la Av. Metropolitana I



R+G



R+



R+G

En la Av. Metropolitana I



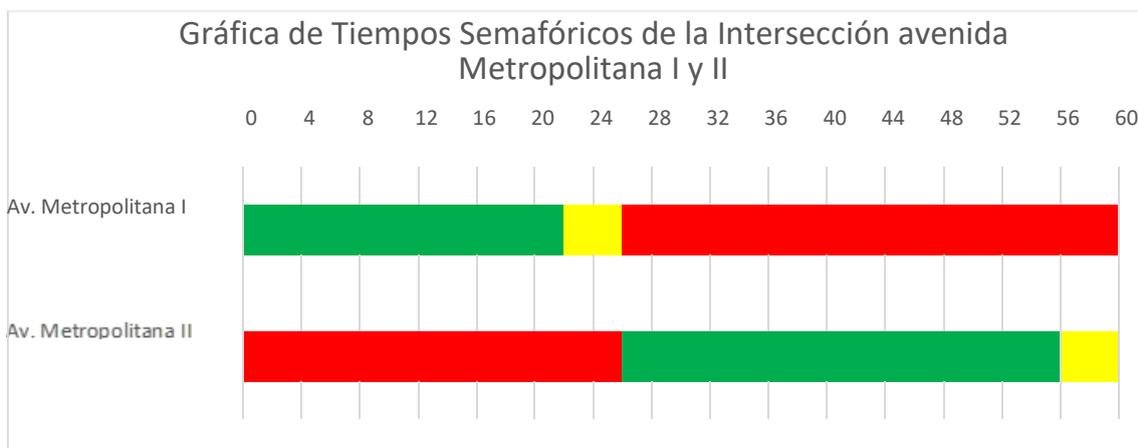
4.1.1.2.1. Distribución Semafórica en la Intersección. En la Av. Metropolitana I con Av. Metropolitana II se han identificado 3 semáforos (1, 2, y 3), en el siguiente cuadro se detalla el ciclo semafórico de cada uno.

Los semáforos 1, 2 y 3 controlan el flujo vehicular en la Av. Metropolitana I y los semáforos 4 y 5 controlan el flujo vehicular en la Metropolitana II.

Tabla 31

Ciclo semafórico en la Intersección Av. Av. Metropolitana I con Av. Metropolitana II.

Semáforo	Verde (s.)	Ámbar (s.)	Rojo (s.)	Total
1	30	5	25	60
2	30	5	25	60
3	30	5	25	60
4	20	5	35	60
5	20	5	35	60



(Merino, 2020) ciclo semafórico: Av. Metropolitana I con Av. Metropolitana II

4.2. Docimasia de hipótesis

La hipótesis plantea que el estado de conservación del pavimento flexible en la avenida Metropolitana I y II, tramo entre Av. Mansiche y Av. Panamericana Norte, mediante el método del índice de condición del pavimento, podría dar como resultado un estado de conservación malo, lo cual se cumple ya que dados los resultados de la evaluación se puede verificar que el diagnóstico de PCI para la Avenida Metropolitana I y II es Malo. Además, no cuenta con semáforo en dicha intersección.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El estado de conservación del pavimento flexible de la Av. Metropolitana I y II resultó siendo malo, lo que involucra que tomemos en cuenta las fallas más recurrentes, las cuales son huecos 18.4%, lo cual indica mayor impacto debido a que las demás tienen un porcentaje mucho menor a éste, la que sigue es Pulimiento de agregados con una recurrencia de 6.5%, desprendimiento de agregados, que representa un 2% de las fallas registradas en el pavimento al igual que parcheo que también representa un 1.7% del total de fallas, también tenemos grietas longitudinales y transversales con una incidencia del 1.8% del total de fallas en la sección, además tenemos agrietamiento en bloque de 0.7%, y piel de cocodrilo, las cuales representan un 0.9%, cada una del total de la sección de pavimento en análisis que es 32.1%.

Cabe recalcar que al no existir semáforo en la intersección de las Av. Metropolitana I y II, existe mucho congestionamiento dando lugar a los accidentes de tránsito vehicular.

CONCLUSIONES

-Haciendo un análisis porque no existe continuidad en las vías que se deslizan del distrito de La Esperanza hacia el Mall de Mansiche y Huanchaco (Aeropuerto), es debido al mal pavimento que tiene las avenidas Metropolitana I y II; se catalogaron las fallas identificadas en la Metropolitana I y II, en la parte superficial del pavimento flexible las cuales son: Piel de cocodrilo, agrietamiento en bloque, grietas longitudinales y transversales, parcheo, pulimiento de agregados, huecos, y desprendimiento de agregados.

-Se obtuvo el índice de condición del pavimento flexible para cada una de las muestras en estudio, consiguiendo así un valor mínimo de PCI de 18 y un valor máximo de PCI de 78 y un PCI total de 32.1, lo cual nos ubica en un estado de conservación malo.

-Identificación de las señales Verticales y Horizontales, en mal estado o no tienen en la mayoría de las intersecciones de las calles como se han observado en las fotografías.

- La necesidad urgente de la zona es que se deberá realizar un semáforo inteligente para evitar accidentes y darle una mejor transitabilidad entre la avenida Metropolitana I y II de la ciudad de Trujillo. En este punto específico, existe un desnivel de aproximadamente de 1m, con respecto de Metropolitana I que viene del distrito de La Esperanza y Metropolitana II que va hacia el Mall y la carretera hacia Huanchaco. Por eso se realizó un cálculo de semafórico de dichas avenidas.

RECOMENDACIONES

-Se puede emplear otra metodología, como lo es el método Bizir, el cual contempla otros parámetros para analizar la sección de un pavimento cuyos resultados se podrían contrastar con los de esta investigación para mejorar la toma de decisiones en cuanto a la intervención.

-También se debe tomar en cuenta que al realizar esta investigación que comenzó en el año del 2016, en la vía ha ido cambiando mucho con respecto al pavimento que se ha malogrado por falta de mantenimiento, existiendo en la actualidad muchos huecos, pasando de malo a muy malo en la clasificación PCI.

Como hemos indicado en las conclusiones, lo prioritario es la construcción de semáforo en este punto de las intersecciones de la avenida Metropolitana I y II de la ciudad de Trujillo, para evitar accidentes de choques de los carros ya que existe una pendiente y un giro hacia el mall, que perjudica la transitabilidad de dichas avenidas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Society of Testing Materials, A. (2004). *D5340 Pavement Condition Index PCI*. N.Y: ASTM.ASTM. (2004). *Índice de condición de pavimentos (PCI) D5340*.
- Enrique, R. P. (2014). *Análisis del estado de conservación del pavimento flexible de la vía de evitamiento norte, utilizando el método del índice de condición de pavimento*. Cajamarca: Universidad Privada del Norte.
- Risco, P. B. (2016). *Evaluación superficial del Pavimento Flexible por el Método Pavex Condition Index en las Vías Arteriales: Cincuentenario, Colon y Miguel Grau (Huacho-Huaura -Lima)*. Lima: Universidad San Martín de Porres.
- Vásquez Varela, L. (2006). *Manual de PCI (Pavement Condition Index)*. Manizales: Ingepav. Varela, R. V. (2006). *Manual de PCI (Pavement Condition Index)*. Manizales: Ingepav.
- Yesquén G, I. A. (2016). *Gestión y Conservación de Pavimentos Flexibles a través del índice de desempeño PCI, en el Entorno del Distrito de Surquillo - Lima*. Piura: Universidad Nacional de Piura.
- Arroyo Leyva, J. (2019). *Analizar y proponer soluciones de mejoras en puntos críticos de congestión vehicular en la av. América Sur de la ciudad de Trujillo*. Universidad Privada Antenor Orrego.
- Ulloa, J. y Ulloa, Franks. (2020). *Estado superficial del pavimento flexible mediante la aplicación del método Pavex Condition Index (PCI) en la avenida Metropolitana II, tramo entre av Mansiche y av Micaela Bastidas, La Libertad 2020*. Universidad Privada Antenor Orrego.
- Castillo, C. y Olaya, Y. (2020). *Estudio y propuesta de mejora de la transitabilidad vehicular y peatonal en la Av. Ignacia Schaeffer, del Distrito de Tambogrande – Piura – Piura*. Universidad Privada Antenor Orrego.

ANEXOS

1. Instrumento de recolección de datos

Tabla 32

Instrumento de recolección de datos.

INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)									
ASTM 6433-99									
Via:	METROPOLIT	Prog. Inicial:	0+501	Unidad de muestreo:	MU_IDA	Ancho de Vía (m):	VARIABLE		
Fecha:	28/08/21	Prog. Final:	0+543	Area de muestreo (m2):	243.58	Resp.:	ULLOA		
Tipos de Fallas									
Nº	Descripción	Unidad	Nº	Descripción	Und				
1	Piel de cocodrilo	m2	11	Parqueo	m2				
2	Exudación	m2	12	Pulimento de agregados	m2				
3	Agrietamiento en bloque	m2	13	Huecos	Nº				
4	Abultamientos y hundimientos	m	14	Cruce de vía férrea	m2				
5	Corrugación	m2	15	Ahuellamiento	m2				
6	Depresión	m2	16	Desplazamiento	m2				
7	Grieta de borde	m	17	Grieta parabolica (Slippage)	m2				
8	Grieta de reflexión de junta	m	18	Hinchamiento	m2				
9	Desnivel carril/berma	m	19	Desprendimiento de agregados	m2				
10	Grietas longitudinal y transv.	m							

Tipos de falla existentes										
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO (VD)
13	H	3.00					3.00	1.23	78.00	
13	M	1.00					1.00	0.41	18.00	
									TOTAL VD=	96.00

Número de valores deducidos > 2 (q): **2**

Valor deducido más alto (HV Di): **78.00**

Número máximo de valores deducidos (mi): **3.02**

Valor Deducido Corregido (VDC)

Nº	VALORES DEDUCIDOS						VDT	q	VDC	
1	78.00	18.00					96.00	2.00	68.00	
2	18.00	2.00					20.00	1.00	22.00	
									Máx VDC =	68.00

INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI):

PCI = 100 - (Máx VDC o Total VD)

32.00

CONDICION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO:

MALO

2. Evidencias de la ejecución de la propuesta

Figura 29*Tipos de fallas en las Av. Metropolitana I y II.*

Fuente propia

3. R.D. que aprueba el proyecto de investigación.

Figura 30*R.D. que aprueba el proyecto de investigación.*

 **UPAO** | Escuela de Posgrado

RESOLUCIÓN DE DECANATO N° 0516-2019-D-EPG-UPAO

Trujillo, 30 de octubre del 2019

VISTO, la documentación presentada por el Br. **MARCELO EDMUNDO MERINO MARTÍNEZ**, de la **MAESTRÍA EN TRANSPORTES Y CONSERVACIÓN VIAL**, sobre **REGISTRO DE PROYECTO DE TESIS**, demás documentos anexos, y;

CONSIDERANDO:

- 1°) Que, el Br. **MARCELO EDMUNDO MERINO MARTÍNEZ**, de la **MAESTRÍA EN TRANSPORTES Y CONSERVACIÓN VIAL**, ha solicitado el registro del proyecto de tesis **"PLANEAMIENTO Y DESARROLLO VIAL ENTRE LAS AVENIDAS METROPOLITANA I Y II DE LA CIUDAD DE TRUJILLO EN EL AÑO 2019"**, adjuntando informe inicial del docente asesor **Dr. Guillermo Juan Cabanillas Quiroz**;
- 2°) Que, el Comité de Tesis de Maestría en Transportes y Conservación Vial integrado por los docentes Ms. Juan Paul Edward Henríquez Ulloa (Presidente), Ms. Tito Alfredo Burgos Sarmiento (Secretario), Dra. Rocio Del Pilar Durad Orellana (Vocal) han remitido al despacho de decanato informe de aprobación, en donde se otorga visto favorable al proyecto de tesis del Br. Marcelo Edmundo Merino Martínez, de la Maestría en Transportes y Conservación Vial, recomendando la inscripción del proyecto, así como la designación del asesor previa autorización de Decanato de la Escuela de Posgrado;
- 3°) Que, la documentación presentada cumple con la ejecución del proceso para registro de proyecto de tesis contenido en el Reglamento de la Escuela de Posgrado de la Universidad Privada Antenor Orrego;

Estando el Estatuto de la Universidad, al Reglamento de la Escuela de Posgrado y demás atribuciones conferidas a este despacho;

SE RESUELVE:

ARTÍCULO 1°: APROBAR el Proyecto de Tesis titulado: **"PLANEAMIENTO Y DESARROLLO VIAL ENTRE LAS AVENIDAS METROPOLITANA I Y II DE LA CIUDAD DE TRUJILLO EN EL AÑO 2019"**, presentado por el Br. **MARCELO EDMUNDO MERINO MARTÍNEZ**, de la Maestría en Transportes y Conservación Vial.

ARTÍCULO 2°: INSCRIBIR como asesor de tesis al **Dr. Guillermo Juan Cabanillas Quiroz**.

ARTÍCULO 3°: COMUNICAR la presente Resolución a las Autoridades Académicas y Administrativas pertinentes para su conocimiento.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE.


DR. LUCERO DE LOS REMEDIOS UCEDA DÁVILA
 Decano de la Escuela de Posgrado


MS. EDUARDO ELMER CERNA SÁNCHEZ
 Secretario Académico Escuela de Posgrado

C.C: DA/Interesado / Asesor / Archivo / Expediente.

LINIVERSIDAD PRIVADA ANTEOR ORREGO
 www.upao.edu.pe

Av. América Sur 3145 Monserrate Trujillo - Perú
 Telf: [+51][044] 604444
 Fax: 282900

4. Constancia del asesor.

INFORME FINAL DE ASESORAMIENTO DE TESIS

Señor : Decano de la Escuela de Posgrado

Asunto: Informe final de asesoramiento de tesis

Fecha : Trujillo, 29 de agosto de 2021

De conformidad con el Artículo 33º del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad, y en cumplimiento de la **Resolución de Decanato N° 0516-2019-D-EPG-UPAO**, el suscrito, docente asesor de la Tesis titulada: “Planeamiento y desarrollo vial entre las avenidas Metropolitana I y II de la ciudad de Trujillo en el año 2019.” del Bachiller: Merino Martinez Marcelo Edmundo; cumpro con informar sobre el asesoramiento realizado, detallando lo siguiente:

Cumple con todos los requerimientos.

Por lo expuesto, agradeceré a usted, tomar en consideración el presente trabajo, para su evaluación y emisión del dictamen que corresponda por parte del jurado.

Atentamente,

.....
Cabanilla Quiroz Guillermo Juan

CIP: 17902

Adjunto:

- Reporte de coincidencias generado con el software Antiplagio Turnitin y firmado por el suscrito, que no supera el 20%.