

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL**



**INVESTIGACIÓN DE LA MICROSIMULACIÓN COMO  
HERRAMIENTA EN EL CONTROL DE TRÁFICO**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE  
BACHILLER EN INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL**

**AUTOR**

**MARIA FERNANDA CORONADO MALCA**

**ASESOR**

**HECTOR AUGUSTO GAMARRA UCEDA**

<https://orcid.org/0000-0002-3653-1394>

**Chiclayo, 2020**

## Índice

Resumen .....	3
Abstract .....	4
I. Introducción .....	5
II. Marco teórico.....	7
III. Objetivos.....	23
IV. Materiales y métodos .....	23
V. Resultados y discusión.....	26
VI. Conclusiones.....	30
VII. Referencias bibliográficas .....	31
VIII. Anexos .....	34

## Resumen

La presente investigación se centra en el estudio de la microsimulación con la finalidad y objetivo principal de evaluarla como una herramienta en el control de tráfico, por lo que para ello se establecen los siguientes objetivos específicos: identificar las causas de la congestión vehicular y a la vez las principales ventajas del uso de softwares de simulación de tráfico en cuanto al tiempo de demora y el nivel de servicio. La metodología se basó en una detallada revisión bibliográfica, del cual se tomaron datos que posteriormente fueron interpretados y representados en gráficos y tablas para que de esta manera la información esté organizada y sea más fácil de entender.

En tal sentido, se concluye que los principales factores de la congestión vehicular son el crecimiento poblacional, aumento del parque automotor, geometría vial y sistema de semaforización. Todas ellas causan el malestar poblacional, la contaminación ambiental y la paralización de la productividad. Por otro lado, las principales ventajas de aplicar la microsimulación son: reduce los tiempos de demora, disminuye la congestión, aumentan las velocidades y mejora el nivel de servicio.

**Palabras Clave:** congestión, microsimulación, nivel de servicio, softwares de simulación de tráfico

## **Abstract**

This research focuses on the study of microsimulation with the main purpose and objective of evaluating it as a tool in traffic control, so the following specific objectives are established: to identify the causes of traffic congestion and at the same time the main advantages of using traffic simulation software in terms of delay time and level of service. The methodology was based on a detailed bibliographic review, from which data were taken and subsequently interpreted and represented in graphs and tables so that the information is organized and easier to understand.

In this sense, it is concluded that the main factors of vehicular congestion are population growth, increase in the number of vehicles, road geometry and traffic light system. All of them cause population discomfort, environmental pollution and paralysis of productivity. On the other hand, the main advantages of applying microsimulation are: it reduces delay times, reduces congestion, increases speeds and improves the level of service.

**Keywords:** congestion, microsimulation, service level, traffic simulation software

## I. Introducción

La congestión vehicular se ha convertido en un problema a nivel mundial, esto debido a los rápidos cambios socioeconómicos y al aumento de población, el cual muchas veces es de una manera descontrolada y sin ninguna planificación. Este incremento poblacional ha provocado la compra y venta de vehículos de manera masiva lo que ha generado de manera conjunta un sistema de transporte inadecuado, impidiendo el desarrollo de las actividades económicas, provocando malestar a la población y ocasionando inseguridad debido a los diferentes accidentes de tránsito.

En la siguiente imagen, obtenida de la empresa holandesa de GPS “TomTom”, se aprecia a los diferentes países que engloban los primeros puestos con la mayor congestión vehicular en todo el mundo, siendo Bangalore (India) y Manila (Filipinas) quienes encabezan este ranking con el 71%, porcentaje que representa el tiempo de viaje adicional experimentado por cada conductor a lo largo del año. Por debajo se sitúa Bogotá (68%), Mumbai (65%), Pune y Moscú (59%) y Lima (57%).








RANK BY FILTER	WORLD RANK	CITY	COUNTRY	CONGESTION LEVEL
1	1	Bengaluru	 India	71%
2	2	Manila	 Philippines	71%
3	3	Bogota	 Colombia	68% <span style="color: red;">↑ 5%</span>
4	4	Mumbai	 India	65% <span style="background-color: gray; color: gray;">0%</span>
5	5	Pune	 India	59%
6	6	Moscow region (oblast)	 Russia	59% <span style="color: red;">↑ 3%</span>
7	7	Lima	 Peru	57% <span style="color: green;">↓ 1%</span>

Ilustración 1: Ranking de los países con mayor congestión

Fuente: TomTom, Traffic Index 2019 [1]

La demanda de transporte está integralmente relacionada con actividades económicas, uso del suelo, población y su distribución, etc. El desarrollo implica una gran cantidad de dinero y una cantidad considerable de tiempo. A causa de estas razones por las cuales cualquier decisión relacionada con el sector del transporte requiere una planificación adecuada, que debería ser justificada por un análisis basado en modelos de transporte [2].

Los ingenieros civiles especializados en la rama del transporte tienen como finalidad planificar y diseñar un buen sistema de tráfico en calles, avenidas y carreteras garantizando su funcionalidad y durabilidad durante un determinado periodo de tiempo, avalando siempre la seguridad de los ciudadanos. Para ello es importante analizar detalladamente los factores que conducen a la problemática, y posteriormente implementar un sistema de planificación de transitabilidad tanto vehicular como peatonal, logrando establecer nuevas alternativas de innovación que permitan el mejoramiento de la situación. Por tal motivo, según [3] es importante contar con sistemas informáticos que permitan realizar simulaciones al detalle, es decir que posibiliten el análisis de los diferentes comportamientos tanto individuales como colectivos de los elementos involucrados como semáforos, calles, peatones, vehículos y que además examinen las posibles complicaciones en el tráfico por celebraciones y/o eventos en la ciudad; en concreto, que examinen las variables que influirán en el resultado final y que a la par ofrezcan alternativas de solución para mejorar la circulación en la zona de estudio.

Se puede realizar una simulación del tráfico en tres diferentes niveles: macroscópica, mesoscópica y microscópica, siendo la última en la cual se va a centrar esta investigación. El motivo de la elección y desarrollo del presente tema es porque actualmente en muchas ciudades de todo el mundo se vive con una desordenada transitabilidad vehicular.

Según [4], actualmente las simulaciones representan una herramienta muy beneficiosa para el desarrollo y continuidad de diversos estudios de tránsito que tienen como finalidad dar alternativas de solución a los grandes problemas de tráfico que se generan en las ciudades, a causa del crecimiento poblacional y vehicular.

Es imprescindible tener en claro las ventajas de estas tecnologías y consigo los parámetros por controlar para garantizar su eficacia. Por lo que, con la siguiente investigación se busca aportar conocimientos que permitan conocer y entender de la función de estos programas y de qué manera ayudaría a disminuir la problemática existente.

Con todo lo expuesto resulta necesario realizar la siguiente pregunta de investigación: ¿De qué manera una simulación microscópica permitirá mejorar el nivel de servicio y disminuir la congestión vehicular en una zona determinada?

## II. Marco teórico

### 2.1. Antecedentes del problema

#### NIVEL INTERNACIONAL

**J. L. Zambrano Martínez, D. Soler, C. Tavares Calafate, L. G. Lemus Zúñiga, J. C. Cano, P. Manzoni y T. Gayraud, «A Centralized Route- Management Solution for Autonomous Vehicles in Urban Areas,» MDPI, vol. 8, n° 7, 26 Junio 2019.**

En español “Una solución centralizada de gestión de rutas para vehículos autónomos en zonas urbanas”. Este artículo se centra en el congestionamiento vehicular existente en Valencia debido a la alta densidad de población lo que conduce a altas condiciones de intransitabilidad en áreas críticas de la ciudad. Por ende, buscapropone un servidor de ruta capaz de manejar todo el tráfico en esta ciudad considerando las condiciones de gestión de tráfico presentes y futuras. Para ello se realizó una simulación utilizando datos reales de la situación en la ciudad durante horas pico en un día de trabajo cualquiera (8 a 9 am) y empleando softwares como SUMO y OMNeT ++. En SUMO, el flujo de tráfico vehicular se simula microscópicamente, es decir individualmente dentro de la red. Esta característica permite determinar parámetros como: velocidad, hora de llegada y hora de salida. Además, no solo simula la circulación de vehículos en una ciudad, sino que también el sistema de transporte público, redes ferroviarias y rutas peatonales. Asimismo, se puede combinar con otras herramientas de simulación como OMNeT ++ a través de interfaces inteligentes.

Los resultados experimentales mostraron que la propuesta de solución logró incrementar las velocidades de viaje en el rango de 16 a 35 km / h y disminuir los tiempos en un 8% en promedio, ambos indicadores de grados bajos de congestión y fluidez de tráfico mejorada.

**D. M. Ross Proaño y C. A. Villamarín Rivadeneira, «ANÁLISIS DE FUNCIONALIDAD DEL SISTEMA VIAL EXISTENTE ALEDAÑO AL PARQUE “LA CAROLINA” Y PROPUESTA PARA MEJORAR LA MOVILIDAD DE LA ZONA DE ANÁLISIS,» Pontificia Universidad Católica de Ecuador, Quito, 2019.**

La tesis se centra específicamente en el sistema vial próximo al parque “La Carolina” ubicado en Quito, el cual no otorga un buen nivel de servicio a la población debido a la falta de capacidad para el alto número de vehículos que circulan sobre este. Tiene como objetivo analizar la funcionalidad del sistema vial de la zona ya antes mencionada en base a sus características geométricas y a la vez plantear soluciones a los puntos críticos. Su metodología se basa en un análisis de todos sus componentes: estudio topográfico mediante un levantamiento aéreo fotogramétrico, estudio de tráfico los cuatro días de la semana mediante conteos de 14 horas y en horas pico. En aquel estudio se determinó el tipo y volumen vehicular, los tiempos de demora en colas, las horas en las que la movilidad es fluida, el nivel de servicio y la demanda peatonal. Posteriormente se procedió al uso de un software denominado AIMSUN con el fin de modelar el flujo de tránsito obtenido de campo, cabe recalcar que este programa sobresale por la velocidad de sus procesos y por simular el tráfico de manera mesoscópica, microscópica e híbrida microscópica-mesoscópica.

Se concluyó que la velocidad es un indicador significativo para definir la calidad de servicio de una infraestructura vial y que el programa AIMSUN es de gran ayuda para realizar simulaciones y asignar condiciones semafóricas debido a que expone los resultados de demora por intersección. Además, permite visualizar de manera ilustrativa y técnica el comportamiento de cada uno de los elementos a medida que se va proponiendo cada propuesta.

**B. P. De La Torre Trejos y J. C. Henríquez Montalvo, «EVALUACION DE MEDIDAS DE GESTION DEL TRANSITO A TRAVES DE MODELOS DE SIMULACION VEHICULAR: CASO APLICADO SOBRE EL CORREDOR URBANO DE LA CALLE 72- BARRANQUILLA,» Universidad De La Costa CUC, Barranquilla, 2019.**

Esta investigación tiene como zona de análisis un corredor urbano muy conocido en Barranquilla que es la Calle 72, en la cual la violencia vial es muy evidente debido a la alta demanda de transporte. Por ende, busca plantear y proyectar una alternativa de solución a 5, 10 y 20 años con el fin de comprobar su funcionalidad y durabilidad. Su metodología se basa en el estudio de tránsito, en la evaluación de las características geométricas de la zona de estudio y realizar una microsimulación con Transmodeler. Este programa simula toda clase de redes viales de pequeñas a áreas extensas con gran detalle.

Como conclusión, con la ayuda del software Transmodeler se pudo identificar los niveles bajos de serviciabilidad que presentaba la zona de estudio y de acuerdo a ello plantear una solución, la cual fue ampliar el corredor obteniendo resultados favorables en cuanto al nivel de servicio, pasando de un nivel F a un D; y disminuyendo el tiempo de demoras, aproximadamente en un 50%.

**L. S. Ibadango López, «ESTUDIO DE TRÁFICO Y SOLUCIONES AL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR EN LA AV. UNIVERSITARIA (INTERSECCIONES CON BOLIVIA-SANTA ROSA), DE LA CIUDAD DE QUITO,» Universidad Central del Ecuador, Quito, 2014.**

La investigación tiene como problemática la inadecuada transitabilidad en la Av. Universitaria (intersecciones con Bolivia – Santa rosa) debido a que tiene un tráfico denso y presenta varios problemas de circulación de vehículos, los cuales atentan contra la seguridad de los diversos barrios y sectores de la ciudad. Por lo que, el proyecto busca proponer soluciones en relación al problema de la pésima circulación vehicular en la Av. Universitaria utilizando sus dimensiones geométricas viales. Asimismo, se realizó un levantamiento topográfico y conteos manuales volumétricos, con esos datos se calculó el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) por intersecciones; posteriormente, se hizo uso del software Synchro 8.

Se llegó a la conclusión que mediante el uso del programa Synchro 8, se optimizó los tiempos de los ciclos semafóricos en ambas intersecciones, obteniendo una mayor fluidez vehicular eludiendo demoras y formación de colas.

## A NIVEL NACIONAL

**C. M. Pérez Rodríguez y C. M. Porras Salazar, «PROPUESTA DE SOLUCIÓN AL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR EN LA ROTONDA LAS AMERICAS UBICADA FRENTE AL AEROPUERTO INTERNACIONAL JORGE CHÁVEZ APLICANDO MICROSIMULACIÓN EN EL SOFTWARE VISSIM V.9,» Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, 2019.**

La tesis tiene como problemática la alta congestión vehicular ocasionada por la falta de control de vehículos al ingreso de la rotonda y la deficiente señalización de tránsito. Su objetivo es proponer una alternativa de mejora que reduzca las demoras en la Rotonda Las Américas frente al Aeropuerto Internacional Jorge Chávez mediante una micro simulación realizada en el software Vissim v9. La metodología se fundamentó en un levantamiento topográfico mediante fuente secundaria y recolección de datos de campo con ayuda de una videograbación. Para ello, de un estudio previo realizado se identificó la hora en la que pasaba la mayor cantidad de vehículos y de acuerdo a eso se realizó el conteo vehicular durante dos días de la semana considerando intervalos de 15 minutos y se tomó los tiempos de viaje en segundos; además, se realizaron conteos de movimiento de giro y una vez obtenido todos los datos, se pasará a la modelación en el software PTV Vissim. Posteriormente, se plantearon cuatro posibles soluciones: la primera, optimizar el ciclo semafórico, sin embargo, esta solo pudo mejorar el nivel de servicio en un 2.27%; la segunda, modificar la geometría vial obteniendo una mejora en un 1.1%; la tercera, cambiar totalmente la geometría de la rotonda transformándola en una intersección en cruz con un 22.92% y por último, implementación de un paso a desnivel con una mejoría de 59.43%, mejorando el nivel de servicio de un F a D.

Se llegó a la conclusión que el software Vissim mediante su interfaz logra representar de manera ilustrativa y técnica todos los posibles comportamientos de los vehículos y peatones, permitiendo examinar las diversas alternativas viables de solución ante el problema existente y obteniendo un mejor nivel de servicio.

**M. Cerna Vásquez y W. Galicia Guarniz, «Determinación de ciclos semafóricos optimizados con Synchro 10.0 aplicados y evaluados en intersecciones de gran congestión vehicular con el software PTV VISSIM 9.0.,» Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, 2019.**

Esta investigación tiene como problemática el alto congestionamiento vehicular en las intersecciones: Av. Javier Prado & Ca. Las Flores y la Av. Javier Prado & Ca. Las Palmeras, y establece como causa principal de esta situación el aumento del parque automotor. Por consiguiente, se busca proponer la implementación de un sistema de semaforización inteligente como una alternativa desolución. La metodología que se siguió se basó en un conteo vehicular en las intersecciones indicadas durante tres días, además se realizó la micro simulación del tráfico mediante el programa Vissim 9.0 y la optimización de los tiempos de duración de los semáforos mediante el Synchro 10.0.

Finalmente, se realizó una comparación entre el antes y el después del uso de estos programas, y se llegó a la conclusión que hay un progreso en el nivel de servicio(E a D) y en la reducción de demoras en viajes (Javier Prado & Ca. Las Flores □ 14%, mientras que en la Av. Javier Prado & Ca. Las Palmeras □ 24%). También se determinó que, en intersecciones de gran congestión vehicular el sistema de semaforización convencional no permite una buena circulación, lo cual genera altos niveles de servicio. Asimismo, se demuestra que, a pesar del aumento de vehículos proyectado a unos 5 años, la alternativa de solución obtiene resultados positivos.

**J. P. Henríquez Ulloa, «PROPUESTA DE MEJORA VIAL EN LA INTERSECCIÓN DE LAS AVENIDAS MIGUEL GRAU Y GULMAN EN LA CIUDAD DE PIURA, PIURA,» Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, 2019.**

Esta investigación tiene como problema el congestionamiento vial debido en gran parte al tránsito de motos y moto taxis, adicional al tránsito vehicular pesado y el gran deterioro de su infraestructura vial originado por fenómenos como el del Niño Costero del 2017. Asimismo, estudia la intersección de las avenidas Miguel Grau y Gulgán con el objetivo de analizar de qué manera una alternativa vial de mejora influirá en el tránsito de mencionada zona. Su metodología se basó en la toma de datos en campo mediante un aforo vehicular obteniendo el flujo, volumen, velocidad, densidad y nivel de servicio, para posteriormente procesarlos en gabinete e identificar los factores del problema, analizando con qué propuesta

se obtendría una mayor mejora.

Se establecieron diferentes alternativas como intersecciones a desnivel, implementación de señalización, colocación de rotondas y mejoramiento de ciclos semafóricos mediante el programa Synchro. Como conclusión se determinó que la última alternativa es la más favorable, ya que el tiempo de luz verde se optimizó en un 22% a 32% con respecto a los tiempos actuales de la zona permitiendo reducir los tiempos de desplazamiento y obtener un mejor nivel de servicio (pasando de F a E).

## **2.2. Bases teórico-científicas**

### 2.2.1. Bases legales

#### a) RN016-2009 MTC: Reglamento Nacional de Tránsito

Reglamento cuya función es establecer normas que regulen y organicen el uso de las vías públicas. Se aplica a todo desplazamiento realizado por vehículos, personas y animales; asimismo, considera a las actividades vinculadas al tránsito, transporte y medio ambiente.

#### b) MTC Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018

Cuenta con seis capítulos y un anexo. Es un documento de cumplimiento obligatorio, por lo que todos los encargados del gestionamiento de la infraestructura vial deben seguir todos los requerimientos establecidos en este manual a nivel nacional, regional y local. Este manual contiene la información precisa y necesaria para los diversos procedimientos que abarca la elaboración del diseño geométrico de un proyecto de acuerdo a sus particularidades y requerimientos, en concordancia con las demás normativas vigentes sobre la gestión de la infraestructura vial.

#### c) Norma GH. 020: Componentes de Diseño Urbano

Consta de nueve capítulos y sesenta artículos, en los cuales se brinda información acerca de los diferentes aspectos que deben cumplir los espacios públicos y los terrenos aptos para ser edificados. Esta norma les permitirá integrarse al sistema vial establecido en el Plan de Desarrollo Urbano de la ciudad, respetando la continuidad de las vías existentes.

d) Reglamento Nacional de vehículos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Consta de requisitos y características técnicas de carácter obligatorio para todo vehículo en todo el territorio de la República en el ingreso, registro, tránsito y salida del Sistema Nacional de Transporte Terrestre. Esta norma busca la seguridad de los usuarios del transporte, personas, medio ambiente e infraestructura vial.

e) Manual de dispositivos de control del tránsito automotor para calles y carreteras

Es un documento que consta de información de los diferentes dispositivos utilizados para el control del tránsito o movilidad, o en el diseño, construcción, rehabilitación, mejoramiento, conservación o mantenimiento de un proyecto; y dispositivos de control del tránsito temporal en zonas de trabajo y emergencias. Este manual abarca contenido sobre el modo de empleo de estos dispositivos, en cuanto a clasificación, funcionalidad, color, tamaño, formas, entre otros.

### 2.2.2. Simulación

La simulación es una de las mejores herramientas con la cual trabajar, debido a que te permite observar de manera mucho más enfocada la realidad de una problemática. Además, permite el ahorro de dinero y tiempo, debido a que permite recrear escenarios sin necesidad de hacerlo realmente. Con respecto al tema de investigación, la simulación del tránsito permitirá conocer la situación actual de la zona y predecir el futuro comportamiento del flujo vehicular frente a determinadas condiciones. Hay tres diferentes niveles de simulación:

a) Modelo microscópico

Según [13] los modelos microscópicos mayormente son para el análisis de pequeñas distancias y/o áreas, como una intersección o un tramo de vía. Este modelo se caracteriza por analizar de manera individual el desplazamiento de un vehículo, lo que trae consigo datos y resultados más exactos.

b) Modelo mesoscópico

Este tipo de modelo a comparación del microscópico analiza de manera grupal a todos los vehículos que comparten características semejantes en cuanto a velocidad, tamaño, entre otras. En el modelo mesoscópico las restricciones de aceleración y desaceleración no se usan y eso permite pasar de un modelo basado en un paso de simulación, a un

modelo basado en eventos ya que sólo se calculan los tiempos de entrada y salida de la sección [14].

c) Modelo macroscópico

Los modelos macroscópicos a comparación de los anteriores analizan el flujo del tráfico de una forma mucho más general, tomando variables que involucran a todo el conjunto de vehículos como la densidad o intensidad de tráfico. Asimismo, las zonas de estudio que se modelan macroscópicamente son mucho más grandes que las anteriores.

▪ Proceso de microsimulación

Según el Boletín AMIVTAC [4] el proceso de micro simulación de redes de tránsito se divide, fundamentalmente, en dos etapas:

▪ Elección de redes

Es la etapa previa al uso del programa, será necesaria para determinar la zona de estudio y de acuerdo a ello obtener los datos necesarios que más adelante se utilizarán para la construcción y calibración de red.

▪ Construcción y calibración de red

Esta etapa se basa únicamente a los datos obtenidos en campo, debido a que la construcción es la representación de las características físicas del sistema vial establecido, y la calibración se refiere a la modificación de las condiciones reales del tránsito. La construcción y calibración de la red se divide a su vez puede en tres áreas:

- Diseño y revisión de la red vial:

Es la verificación de datos en cuanto a las características geométricas físicas de la zona de estudio, al número y sentido de carriles, y al movimiento/giro de los vehículos.

- Diseño y revisión de los elementos de control:

Es necesario evaluar la existencia de semáforos en la zona, para posteriormente realizar el conteo de ciclos semafóricos con cada una de sus fases correspondientes. Asimismo, tener en cuenta las velocidades en horas muertas, horas pico y en flujo normal. Y en algunas ocasiones señalización horizontal y vertical.

- Diseño y revisión de flujos y trayectorias:

Los flujos vehiculares son la parte más importante para el diseño en el programa, debido a que cualquier detalle podría afectar de manera considerable al resultado final. Para cerciorar un buen conteo será necesario tener puntos de control direccionales en función de los movimientos de los flujos vehiculares.

- Indicadores de desempeño y resultados de la red

La simulación es una herramienta muy provechosa debido a las diferentes ventajas que te ofrece, una de ellas es el análisis del tránsito a través del movimiento. Esta herramienta proporciona los resultados obtenidos de las propuestas y te da la facilidad de evaluarlos según demoras, nivel de servicio, grado de saturación, entre otros.

- Software de simulación de tráfico

Actualmente hay una gran variedad de softwares dedicados a la simulación del tráfico, no obstante, en la presente investigación se mencionarán los siguientes:

- PTV Vissim

Es un programa de simulación microscópica, encargada de modelar tráfico urbano, rural y peatonal desde pequeñas a complejas intersecciones. También permite adaptar señales de tránsito, analizar rutas alternas, planificar la evacuación de estructuras, entre otras.

Según [15] el programa VISSIM consiste internamente del simulador de tráfico y el generador de estado de señales, el primero genera una ilustración en tiempo real de los elementos del tránsito y el segundo, datos estadísticos tales como tiempos de viajes y longitudes de cola.

- Synchro

Synchro es un programa dedicado al control y optimización de tiempos semafóricos en intersecciones viales. Según el Manual básico del software Synchro Studio 8 [16] este programa es interactivo, al cambiar los valores de entrada automáticamente los resultados se actualizan; además, permite optimizar tiempos parciales, duración de ciclos y minimizar los tiempos de viaje.

- Transmodeler

Según Caliper [17] este programa es muy versátil, por lo cual es aplicable diferentes tareas relacionadas al planeamiento y modelamiento de tráfico. Este software puede simular toda tipo de redes viales, desde autopistas hasta calles en la misma ciudad y desde pequeñas a grandes zonas de estudio. Asimismo, permite modificar el comportamiento de los elementos del tráfico con la finalidad de modificar el desplazamiento del tráfico, los ciclos semafóricos y el funcionamiento conjunto de la red para obtener buenos resultados.

- SUMO

El SUMO [5] es una herramienta que realiza simulaciones de movilidad vehicular a través de modelos microscópicos, el cual está en un proceso de mejora constante. Entre sus características tenemos: simulación multimodal del tráfico, programación del tráfico, admite diferentes formatos de mapas, permite importar la red de carreteras en múltiples formatos y generar rutas con diferentes fuentes.

### 2.2.3. Red de estudio

#### a) Tránsito

##### ➤ Volumen de tránsito

Para [18] tránsito es la cantidad de vehículos que transitan por un determinado punto durante un período establecido.

$$Q = \frac{N}{T} \quad \text{Ecuación N° 1}$$

Donde:

Q= vehículos por unidad de tiempo

N= Número de vehículos

T= periodo

➤ Volúmenes absolutos o totales

Dependiendo al lapso de tiempo en el que pasa un número total de vehículos, se tiene [18]:

- Tránsito anual (TA): cantidad de vehículos que transitan por un punto determinado a lo largo de un año,  $t = 1$  año.
- Tránsito mensual (TM): cantidad de vehículos que transitan por un punto determinado a lo largo de un mes,  $t = 1$  mes.
- Tránsito semanal (TS): cantidad de vehículos que transitan por un punto determinado a lo largo de una semana,  $t = 1$  semana.
- Tránsito diario (TD): cantidad de vehículos que transitan por un punto determinado a lo largo de un día,  $t = 1$  día.
- Tránsito horario (TH): cantidad de vehículos que transitan por un punto determinado a lo largo de una hora,  $t = 1$  hora.
- Tasa de flujo o flujo (q): cantidad de vehículos que transitan por un punto determinado a lo largo de un periodo menor a 60 minutos,  $t < 1$  hora.

➤ Volúmenes promedio diarios

Según [23] el TPD es el número total de vehículos que transitan por una sección del carril durante un periodo determinado. Este volumen es el resultante de la división de un número de días (N) entre el número de días del periodo ya establecido. Se clasifica en:

- ✓ Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA)

Valor promedio de los volúmenes de tránsito que transitan en un año.

- ✓ Tránsito Promedio Diario Mensual (TPDM)

Valor promedio de los volúmenes de tránsito que transitan en un mes.

$$TPDM = \frac{TM}{30} \quad \text{Ecuación N}^\circ 3$$

- ✓ Tránsito Promedio Diario Semanal (TPDS)

$$TPDS = \frac{TS}{7} \quad \text{Ecuación N}^\circ 4$$

➤ Volúmenes de tránsito horarios

- ✓ Volumen horario máximo anual (VHMA)

Máximo volumen horario que sucede en una sección de carril a lo largo de un año.

- ✓ Volumen horario de máxima demanda (VHMD)

Máximo número de vehículos que circulan por una sección de carril a lo largo de 60 minutos consecutivos.

- ✓ Volumen horario de proyecto (VHP)

Volumen de tránsito horario utilizado para determinar las características geométricas de la vía.

➤ Estudio de volúmenes de tránsito

Según [18] los estudios sobre volúmenes de tránsito se llevan a cabo con la finalidad de obtener datos reales relacionados con el tránsito vehicular y/o peatonal sobre un punto determinado. Dichos datos se expresan en relación al tiempo y dependen mucho de la aplicación que se le vaya a dar. Se puede obtener volúmenes de tránsito mediante técnicas manuales o automáticas: cámaras fotográficas y filmaciones equipos electrónicos adaptados a computadoras.

2.2.3.2. Velocidad y densidad

La velocidad deriva de la siguiente ecuación básica y se expresa mayormente en km/h.

$$V = \frac{\textit{Distancia}}{\textit{Tiempo}} \quad \text{Ecuación N}^\circ 7$$

Según [18] la velocidad con la que transitan actualmente los vehículos supera los límites y la velocidad para lo que fue diseñada una vía. Asimismo, esta magnitud física es muy variable, por lo que se tiende a tomar velocidades medias, es decir, media aritmética. Otro tipo de velocidad es la de proyecto o diseño, la cual es el valor máximo con la que pueden circular los vehículos.

### 2.2.3.3. Capacidad vial y nivel de servicio

Según [18] no se puede establecer la capacidad de un sistema vial sin primero conocer el nivel de servicio que este le está ofreciendo a la población, se necesita evaluar no solo características físicas geométricas sino la manera en la que se está desplazando el volumen vehicular. La capacidad vial es la cantidad máxima vehicular y peatonal que transitan por un tramo de carril bajo condiciones propias de tránsito (tipos de vehículos), de las dimensiones físicas y geométricas de la vía y de los dispositivos de control. Asimismo, el intervalo de tiempo más usado para analizar y/o evaluar la capacidad es un cuarto de hora.

De esta manera, la serviciabilidad representa las condiciones en la que un sistema vial, urbano o rural está operando, y cuál es la impresión que tiene la población acerca de esta. Según [19] los niveles de servicio son:

Tabla 1: Niveles de servicio

Nivel A	Se limita únicamente bajo las decisiones del conductor y la geometría de la vía. El desplazamiento se da en su total libertad y comodidad, y las maniobras de conducción de un vehículo no se ven restringidas por otro.
Nivel B	Existe una libre circulación, sin embargo la transitabilidad puede ser alterada por vehículos que no van a la misma velocidad, ocasionando de esta manera un menor espacio para realizar cualquier maniobra.
Nivel C	En este nivel ya se es necesario un ajuste en cuanto a la velocidad debido a la alta densidad de tráfico. Asimismo, las posibilidades de adelantar se ven minimizadas, las colas vehiculares aparecen y la libre circulación se reduce sin llegar a la detención total vehicular.
Nivel D	Las maniobras de conducción y la velocidad se ven altamente limitadas por la densidad vehicular. Lo cual también ocasionará la formación de cola que impedirán el adelantamiento a otros vehículos.

Nivel E	Los vehículos se desplazan dejando poco espacio entre ellos y con una velocidad continua. Las maniobras de conducción no pueden ser disipadas o controladas de inmediato, lo que ocasiona colas.
Nivel F	En este nivel de servicio la demanda es muy superior a la capacidad de la carretera, esto genera un tránsito engorroso y largas colas de espera con periodos cortos de movimientos. Cabe recalcar que el nivel F representa un punto de colapso.

Fuente: Manual de Carreteras DG-2018

Ilustración 2: Niveles de servicio



Nivel de Servicio A



Nivel de Servicio B



Nivel de Servicio C



Nivel de Servicio D



Nivel de Servicio E



Nivel de Servicio F

Fuente: Cal, Cárdenas y Reyes [18]

#### 2.2.3.4. Dispositivos para el control de tráfico

Estos dispositivos informan a los ciudadanos acerca de las condiciones del tránsito, con la finalidad de preverles seguridad y eficiencia tanto peatonal como vehicular. Según [21] para que un dispositivo de control sea eficiente es necesario que cumpla con los siguientes requisitos:

- a. Que exista una necesidad para su utilización.
- b. Que llame positivamente la atención y ser visible.
- c. Que encierre un mensaje claro y conciso.
- d. Que su localización permita al usuario un tiempo adecuado de reacción y respuesta.
- e. Infundir respeto y ser obedecido.
- f. Uniformidad.

Para el cumplimiento de los mencionados requerimientos debe tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:

- Diseño: El diseño y la apariencia exterior de cada dispositivo, tiene importancia en el desarrollo de su función. Su diseño debe asegurar que:
  - a. Las características del dispositivo, tamaño, contraste, color, forma, composición e iluminación estén combinadas de tal forma que atraigan la atención del usuario.
  - b. Las características de tamaño y color se aprecien igual durante el día, la noche y períodos de visibilidad limitada.
  - c. El mensaje del dispositivo debe ser neutro en género,
  
- Ubicación y requisitos: Los dispositivos deben estar ubicados en un lugar beneficioso tanto para el conductor como peatón, para que les permita su fácil lectura, su fácil entendimiento. Asimismo, se deberá tener en cuenta la localización de los otros dispositivos, a tal manera que trabajen conjuntamente y no se obstaculicen.

### 2.2.1. Términos básicos

- ✓ Flujo vehicular  
Es la cantidad y el modo en la que vehículos transitan por una vía.
- ✓ Congestionamiento vehicular  
Es la condición de saturación causada por la excesiva cantidad de vehículos, sobrepasando la capacidad vial.
- ✓ Parque automotor  
Son todos los vehículos registrados por el gobierno, dependiendo al tipo y al servicio que presta.
- ✓ Vehículo  
Medio de transporte que permite el desplazamiento de un lugar a otro.
- ✓ Tránsito  
Circulación de vehículos y/o personas por un lugar.

### **III. Objetivos**

#### 3.1. Objetivo general

- Evaluar la microsimulación como herramienta en el control de tráfico.

#### 3.2. Objetivos específicos

- Identificar las causas del tráfico.
- Identificar las ventajas del uso de softwares de simulación de tráfico en cuanto al tiempo de demoras y el nivel de servicio.

### **IV. Materiales y métodos**

#### 4.1. Tipo de estudio y diseño de contrastación de hipótesis

##### **Tipo de estudio:**

El tipo de estudio a realizar es no experimental, ya que se basa netamente en la observación, no se introduce ningún factor externo que altere el contexto natural para ver nuevas reacciones.

##### **Hipótesis:**

La aplicación de una micro simulación de tráfico permitirá mejorar el nivel de servicio, disminuir la congestión vehicular y plantear propuestas de solución.

## 4.2. Variables - operacionalización

HIPOTESIS	VARIABLES	CONCEPTO	DIMENSIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTO	MEDICIÓN
La aplicación de un micro simulación de tráfico, permitirá mejorar el nivel de servicio, disminuir la congestión vehicular y plantear propuestas de solución.	<b>INDEPENDIENTE</b> Tráfico	Inadecuada circulación de vehículos por calles, carreteras, entre otros.	Estudio de tráfico	Clasificación y conteo vehicular	Tablas del MTC	Veh/día a Veh/hr
				Velocidad vehicular	Ficha de registro	
				Movimiento de giro		
	<b>DEPENDIENTE</b> Microsimulación	Simulación que analiza el movimiento de un vehículo de manera individual [13].	Flujo vehicular	Aforo vehicular	Tablas del MTC	Veh/día
				Geometría vial	Mediciones en campo	Wincha
			Semaforización		Plano de la zona	Fuente externa
				Tiempos de recorrido	Cronómetro	Seg
				Duración de los ciclos	Cronómetro	Seg
			Tiempos de demora	Cronómetro	Seg	

#### 4.3. Población, muestra de estudio y muestreo

##### **Población:**

Debido a que esta investigación es descriptiva, la población abarcará tesis y artículos

##### **Muestra:**

La muestra utilizada para este tipo de estudio fueron todas aquellas tesis y artículos que describen conceptos relacionados a la microsimulación de tráfico.

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

TÉCNICAS	INSTRUMENTOS	ELEMENTO DE POBLACIÓN
Análisis documental	Fichas de análisis	Tesis y artículos

#### 4.5. Procesamiento para análisis de datos

El proceso se basará en una detallada revisión bibliográfica, del cual se tomarán datos que posteriormente serán interpretados y representados en gráficos y tablas para que de esta manera la información esté organizada y sea más fácil de entender.

## V.Resultados y discusión

- *Según [5]:*

*Tabla 1*

Problema	Software	Resultados
Congestionamiento vehicular existente en Valencia debido a la alta densidad de población	SUMO	Incremento de velocidades de viaje en un rango de 16 a 35 km / h
		Disminución de los tiempos de demora en un 8%

Se determinó que la principal causa del congestionamiento vehicular es la alta densidad poblacional lo que genera una alta demanda de transporte, y por consiguiente una mala transitabilidad.

Al aplicar la microsimulación con el software SUMO se concluyó que este programa permite el incremento de velocidades de viaje en un rango de 16 a 35 km / h y la disminución de los tiempos de demora en viajes.

- *Según Ross y Villamarín [6]*

*Tabla 2*

Causas	Software	Conclusión
Falta de capacidad vial para el gran número de vehículos que circulan sobre él	AIMSUN	Asigna condiciones semafóricas
		Visualización amplia del sistema

Indican como mayor causante de tráfico a la incapacidad de la vía para todo el número de vehículos que circulan sobre él, ocasionando un nivel de servicio F.

El software AIMSUN permite asignar condiciones semafóricas y tener una amplia visualización del comportamiento que va teniendo el sistema vial con cada una de las propuestas.

- *Según De La Torre y Henríquez [7]:*

*Tabla 3*

Problema	Software	Resultados
Violencia vial debido a la alta demanda de transporte	Transmodeler	Pasar de un nivel de servicio F a un D
		Disminuir el tiempo de demoras, aproximadamente en un 50%.

Al aplicar la microsimulación con el software Transmodeler se obtuvieron los siguientes resultados: primero, pasar de un nivel de servicio F a un D; y segundo, disminuir el tiempo de demoras, aproximadamente en un 50%.

- *Según Ibadango [8]:*

*Tabla 4*

Problema	Software	Resultados
Denso tráfico y varios problemas de transitabilidad vehicular	Synchro 8	Optimización y/o reprogramación de los ciclos semafóricos

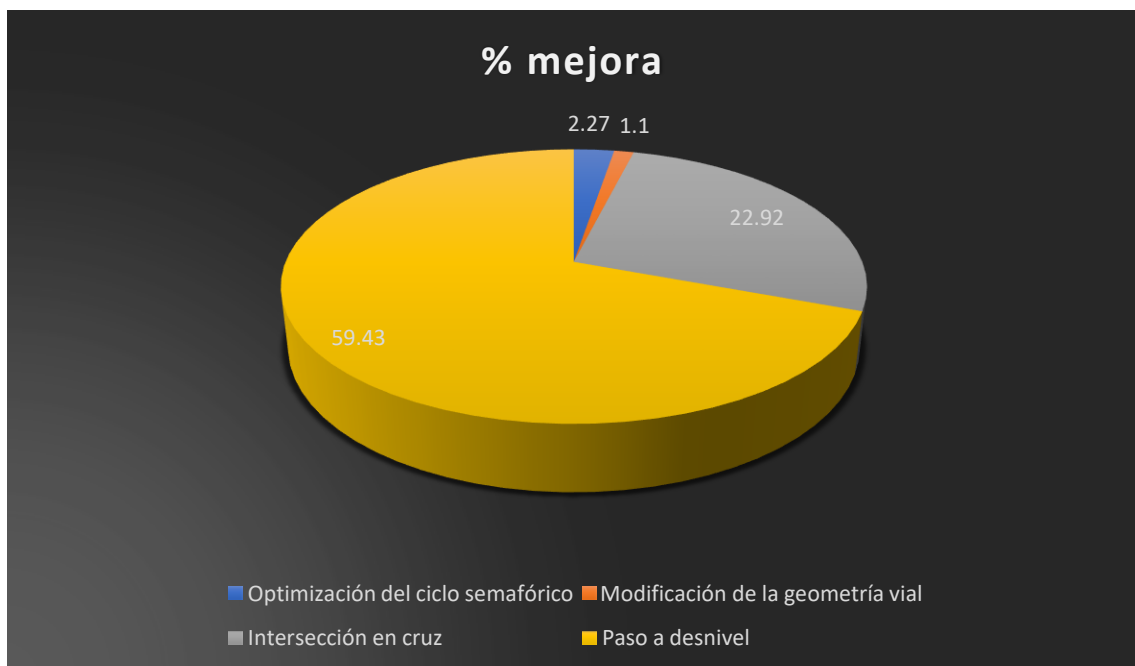
Debido al denso tráfico y varios problemas de transitabilidad vehicular se planteó el uso de un software denominado Syncho 8. El cual optimizó los ciclos semafóricos disminuyendo la longitud de colas.

- Según Pérez y Porras [9]

Tabla 5

Causas	Software	Propuestas de solución
Incremento del parque automotor	Vissim v.9	Optimización del ciclo semafórico
		Modificación de la geometría vial
		Geometría total de rotonda: intersección en cruz
		Implementación de un paso a desnivel

Gráfico 1



Al aplicar la microsimulación con el software Vissim v.9 se plantearon cuatro posibles soluciones: la primera, optimizar el ciclo semafórico, sin embargo, esta solo pudo mejorar el nivel de servicio en un 2.27%; la segunda, modificar la geometría vial obteniendo una mejora en un 1.1%; la tercera, cambiar totalmente la geometría de la rotonda transformándola en una intersección en cruz con un 22.92% y por último, implementación de un paso a desnivel con una mejoría de 59.43%, pasando de un nivel de servicio F a D.

- *Según Cerna y Galicia [10]*

*Tabla 6*

<b>Problemática</b>	<b>Software</b>	<b>Resultados</b>
Aumento del parque automotor	Synchro	Mejora en el nivel de servicio (E a D)
		Reducción de demoras en viajes

Se determinó que la principal causa de la mala transitabilidad vehicular es el aumento descontrolado del porcentaje de vehículos, y que el programa Synchro mejora en el nivel de servicio (E a D) y reduce las demoras en viajes. En este caso Javier Prado & Ca. Las Flores □ 14%, mientras que en la Av. Javier Prado & Ca. Las Palmeras □ 24%.

- *Según Henríquez [22]*

*Tabla 7*

<b>Problemática</b>	<b>Software</b>	<b>Resultados</b>
Tránsito de vehículos menores y pesados Infraestructura vial dañada por fenómeno del Niño Costero (2017)	Synchro	El tiempo de luz verde se optimizó en un 22% a 32% con respecto a tiempos actuales
		Mejor nivel de servicio (pasando de F a E).

Al aplicar la microsimulación con el software Synchro se obtuvieron los siguientes resultados: primero, el tiempo de luz verde se optimizó en un 22% a 32% con respecto a los tiempos actuales; y segundo, se mejoró el nivel de servicio (pasando de F a E).

## VI. Conclusiones

- Los principales factores de la congestión vehicular son el incremento poblacional y vehicular, dimensiones geométricas viales y ciclos semafóricos.
- Los softwares de simulación de tráfico permiten tener una visualización mucho más amplia de los diferentes escenarios que pueden ocurrir ante diversos cambios en los elementos relacionados al tráfico, asimismo reduce los tiempos de demoras y la longitud de colas, y mejora el nivel de servicio brindando a la par alternativas de mejora para la disminución de la congestión.
- Las principales consecuencias de esta problemática son el malestar poblacional, contaminación atmosférica y acústica, accidentes de tránsito y paralización de productividad.
- A nivel local no se ha realizado ningún proyecto orientado a la simulación microscópica de una zona.
- Para el desarrollo de una microsimulación se es necesario los datos de flujovehicular, los tiempos semafóricos y las características geométricas viales.
- Para comprobar que las simulaciones realmente sean útiles y no se obtengan datos erróneos, es fundamental verificar y validar los resultados obtenidos en el programa.
- La presente investigación resulta beneficiosa debido a que, gracias a la información recopilada se tendrá conocimiento de los diferentes softwares destinados a la simulación y planificación del tráfico, asimismo, con un buen uso se obtendrá óptimos resultados.

## VII. Referencias bibliográficas

- [1] TomTom, «Traffic Index 2019,» 2019. [En línea]. Available: [https://www.tomtom.com/en\\_gb/traffic-index/ranking/](https://www.tomtom.com/en_gb/traffic-index/ranking/).
- [2] M. Francois, «STUDY OF VEHICULAR TRAFFIC CONGESTION IN THE SEKONDI-TAKORADI METROPOLIS,» Universidad Kwame Nkrumah de Ciencia y Tecnología, Kumasi, 2012.
- [3] Tecnocarreteras, «¿Cómo y por qué usar simuladores de tráfico para optimizar la gestión del mismo?,» 19 marzo 2015. [En línea]. Available: <https://www.tecnocarreteras.es/2015/03/19/como-y-por-que-usar-simuladores-de-trafico-para-optimizar-la-gestion-del-mismo/>. [Último acceso: 20 Junio 2020].
- [4] Boletín AMIVTAC, «Los modelos de microsimulación, una herramienta clave en la planificación vial,» *VÍAS TERRESTRES*, p. 22, 2011.
- [5] J. L. Zambrano Martínez, D. Soler, C. Tavares Calafate, L. G. Lemus Zúñiga, J. C. Cano, P. Manzoni y T. Gayraud, «A Centralized Route-Management Solution for Autonomous Vehicles in Urban Areas,» *MDPI*, vol. 8, n° 7, 26 Junio 2019.
- [6] D. M. Ross Proaño y C. A. Villamarín Rivadeneira, «ANÁLISIS DE FUNCIONALIDAD DEL SISTEMA VIAL EXISTENTE ALEDAÑO AL PARQUE “LA CAROLINA” Y PROPUESTA PARA MEJORAR LA MOVILIDAD DE LA ZONA DE ANÁLISIS,» Pontificia Universidad Católica de Ecuador, Quito, 2019.
- [7] B. P. De La Torre Trejos y J. C. Henríquez Montalvo, «EVALUACION DE MEDIDAS DE GESTION DEL TRANSITO A TRAVES DE MODELOS DE SIMULACION VEHICULAR: CASO APLICADO SOBRE EL CORREDOR URBANO DE LA CALLE 72- BARRANQUILLA,» Universidad De La Costa CUC, Barranquilla, 2019.
- [8] L. S. Ibadango López, «ESTUDIO DE TRÁFICO Y SOLUCIONES AL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR EN LA AV. UNIVERSITARIA (INTERSECCIONES CON BOLIVIA–SANTA ROSA), DE LA CIUDAD DE QUITO,» Universidad Central del Ecuador, Quito, 2014.
- [9] C. M. Pérez Rodríguez y C. M. Porras Salazar, «PROPUESTA DE SOLUCIÓN AL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR EN LA ROTONDA LAS AMERICAS UBICADA FRENTE AL AEROPUERTO INTERNACIONAL JORGE CHÁVEZ APLICANDO MICROSIMULACIÓN EN EL SOFTWARE VISSIM V.9,» Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, 2019.
- [10] M. Cerna Vásquez y W. Galicia Guarniz, «Determinación de ciclos semafóricos optimizados con Synchro 10.0 aplicados,» Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, 2019.
- [11] J. P. Henríquez Ulloa, «PROPUESTA DE MEJORA VIAL EN LA INTERSECCIÓN DE LAS AVENIDAS MIGUEL GRAU Y GULMAN

- EN LA CIUDAD DE PIURA, PIURA,» Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, 2019.
- [12] M. Morales Rodríguez, M. Calle Pérez, J. Dario Tovar y J. C. Cuéllar Quiñonez, «Simulando con OMNET Selección de la herramienta y su utilización,» Universidad Icesi, Cali, 2013.
- [13] M. d. P. Gallardo Figueroa y M. D. Pescoran Campos, «Análisis comparativo del diseño estructural del pavimento flexible y pavimento rígido para la avenida Larco tramo avenida Huamán y avenida Fátima de la ciudad de Trujillo,» UPAO, Trujillo, 2019.
- [14] A. P. Solano Estrada y D. A. Terrones Novoa, «APLICACIÓN DE LA SIMULACIÓN MATEMÁTICA EMPLEANDO EL SOFTWARE VISSIM COMO HERRAMIENTA EN EL CONTROL DE TRÁFICO EN LA INTERSECCIÓN DE LAS AVENIDAS CÉSAR VALLEJO CON JOSÉ MARÍA EUGUREN, DISTRITO DE TRUJILLO – LA LIBERTAD, AÑO 2017,» Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, 2017.
- [15] A. M. Pájaro Zapardiel y R. A. Quezada Narváez, «MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM,» Universidad de Cartagena, Cartagena, 2012.
- [16] L. Trafficware, Synchro Estudio 8 Guía del usuario, Trafficware, Ltd., 2011.
- [17] Caliper, «Caliper,» [En línea]. Available: <https://www.caliper.com/transmodeler/descripcion.htm>.
- [18] R. Cal, M. Reyes Spíndola y J. Cárdenas Grisales, INGENIERIA DE TRANSITO Fundamentos y aplicaciones, México: Alfaomega, 1994.
- [19] M. d. T. y. Comunicaciones, MANUAL DE CARRETERAS: DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2018, Lima, 2018.
- [20] F. D. Fustamante Sánchez, «Estructuración del método de cálculo del IMDA aplicado a proyecto de Av. Sánchez Cerro,» Universidad de Piura, Piura, 2019.
- [21] M. d. T. y. Comunicaciones, «MANUAL DE DISPOSITIVOS DE CONTROL DEL TRANSITO AUTOMOTOR PARA CALLES Y CARRETERAS,» Lima, 2016.
- [22] J. F. Machena Córdova, Estructuras de concreto y corrosión del acero corrugado en la I.E. Niño Jesús de Praga distrito de SMP, Lima: Universidad César Vallejo, 2017.
- [23] L. Pérez Méndez, Vida útil residual de estructuras de hormigón armado afectadas por corrosión, Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, 2010.
- [24] N. Ortega y S. Robles, Assessment of Residual Life of concrete structures affected by reinforcement corrosion, Bahía Blanca: Housing and Building National Research Center, 20114.
- [25] M. Cerna Vasquez y W. Galicia Guarniz, VIDA UTIL EN ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO DESDE EL PUNTO DE VISTA DE

COMPORTAMIENTO DE MATERIAL, Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego, 2010.

- [26] J. Devoto Patiño, INFLUENCIA DE LAS PATOLOGIAS EN LA DURABILIDAD DEL CONCRETO ARMADO DE EDIFICACIONES EN ZONAS CERCANAS AL MAR EN LA CIUDAD DE PAITA - PIURA, 2015, Chimbote: Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote, 2015.

## VIII. Anexos

### Anexo 01

TÍTULO DE LA TESIS	
UNIVERSIDAD	
FECHA	
AUTOR(ES)	
TIPO (pregrado, maestría, doctoral)	
PROBLEMA	
SOLUCIÓN	
HERRAMIENTAS QUE UTILIZA EL INVESTIGADOR PARA CREAR SU SOLUCIÓN (ejemplo metodología, métodos, técnicas, normativa etc indicar el nombre y para que utilizó en la investigación)	
RESULTADOS	
CONCLUSIONES	
TRABAJOS FUTUROS	
Dirección URL	