



UNIVERSIDAD NACIONAL

PEDRO RUIZ GALLO

ESCUELA DE POSTGRADO

MAESTRÍA EN CIENCIAS



**PROPUESTA DE IMPLANTACIÓN DEL SISTEMA
ELECTRÓNICO DE SEMAFORIZACIÓN INTELIGENTE EN LA
AVENIDA LUIS GONZALES QUE CONFORMA LA ZONA DEL
DAMERO DE CHICLAYO**

TESIS

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN
CIENCIAS CON MENCIÓN EN INFORMÁTICA Y SISTEMAS**

AUTOR:

ARQUÍMEDES JESÚS MUÑOZ ZAMBRANO

ASESOR:

M.Sc. ERNESTO KARLO CELI AREVALO

LAMBAYEQUE - PERÚ

2019

**PROPUESTA DE IMPLANTACIÓN DEL SISTEMA ELECTRÓNICO
DE SEMAFORIZACIÓN INTELIGENTE EN LA AVENIDA LUIS
GONZALES QUE CONFORMA LA ZONA DEL DAMERO DE
CHICLAYO**

PRESENTADO POR:

Ing. Arquímedes Jesús Muñoz Zambrano
Autor

M.Sc. Ernesto Karlo Celi Arevalo
Asesor

APROBADO POR:

Dr. Wilton Oswaldo Rojas Montoya
Presidente

M.Sc. Juan Hernan Farías Feijoo
Secretario

M.Sc. Alberto Enrique Samillan Ayala
Vocal

DEDICATORIA:

Dedico este trabajo a mis padres que ya no me acompañan,
que fueron un bastión importante, en
inculcarme la visión de avanzar más del
nivel de dónde venimos.

A mis hijos que son la razón de ser de mi vida.

CONTENIDO

Dedicatoria.....	III
Resumen	10
Abstract.....	11
INTRODUCCIÓN.....	12
Capítulo I: Objeto De Estudio.....	13
1.1 Antecedentes Empíricos.....	13
1.2 Planteamiento Del Problema.....	16
1.2.1 Variables del problema.....	17
1.2.2 Formulación preposicional del problema	17
1.3 Delimitación De La Investigación	17
1.4 Justificación De La Investigación	18
1.5 Limitaciones De La Investigación	18
1.6 Hipótesis.....	18
1.7 Objetivo De La Investigación	18
1.7.1 Objetivo General	18
1.7.2 Objetivos Específicos:.....	19
Capítulo II: Marco Referencial.....	19
2. Marco Histórico:.....	19
2.1 Marco Teórico.....	21
2.1.1 El Semáforo.....	21
2.1.1.1 Componentes de un semáforo.	23
2.1.1.2 Significado de sus indicaciones	24
2.1.1.3 Uso y colocación	27
2.1.1.4 Límites de área controlada	27
2.1.1.5 Funcionamiento Continuo y Eficiencia.....	27

2.1.2	Clasificación de los semáforos	28
2.1.2.1	Semáforos Presincronizados	28
2.1.2.1.1	Requisitos que justifican su instalación	28
2.1.2.1.2	Coordinación de semáforos presincronizados.....	29
2.1.2.1.3	Tipos de coordinación	29
2.1.2.2	Semáforos accionados por el transito.....	30
2.1.3	Sistema inteligente de tránsito.....	31
2.1.3.1	El subsistema de tránsito	34
2.1.4	Autoridad Legal.....	35
2.1.5	Telemática y transporte urbano	35
2.1.6	Ingeniería de Tránsito- Principios básicos	36
2.1.6.1	Unidad de automóvil de pasajeros (p.c.u)	36
2.1.6.2	Flujo de tráfico	37
2.1.6.3	Ciclo	37
2.1.6.4	Fase	37
2.1.6.5	Capacidad teórica de un flujo (Q)	38
2.1.6.6	Tiempo entre verdes	38
2.1.6.7	Nivel de servicio y demora	38
2.1.6.8	Análisis de tránsito.....	41
2.1.6.9	Análisis del tráfico urbano	41
2.1.6.9.1	Parámetros de tráfico urbano	42
2.1.6.9.2	Volumen De Tránsito Horario	42
2.1.6.9.3	Factor De La Hora De Máxima Demanda(FHMD).....	43
2.1.6.9.4	Velocidad (Km/H)	43
2.1.6.9.5	Densidad (K).....	43
2.1.6.9.6	Tiempo Máximo y Tiempo Mínimo Por Luz Verde.	44
2.1.6.9.7	Espaciamiento promedio (S).....	45

2.1.6.9.8 Intervalo promedio (h)	45
2.1.6.9.9 Flujo de Saturación (S)	45
2.1.7 Sensores	46
2.1.7.1 Sensores infrarrojos	46
2.1.7.2 Sensor láser Infra-rojo Activo compacto	47
2.1.7.3 Sensor láser infra-rojo activo	48
2.1.7.4 Detector infrarrojo pasivo de vehículos “PIV”	50
2.1.7.5 Detector infrarrojo pasivo de peatones “PIC”	51
2.1.8 Medios de transmisión	53
2.1.9 Modos de transmisión	54
2.1.10 Sistemas de control de tráfico	54
2.2 Marco Normativo	55
Capítulo III: Planteamiento Metodológico	60
3 Planteamiento Metodológico	60
3.1 Metodología	62
3.2 Fuentes De Información	63
3.2.1 Fuentes internas	63
3.2.2 Fuentes Externas	64
3.3 Métodos De Recopilación De Información	64
3.4 Elaboración Del Instrumento Para Recolección De Información.	64
3.5 Materiales, Herramientas Y Equipos Utilizados	65
3.5.1 Materiales:	65
3.5.2 Herramientas	65
Capítulo IV: Resultados Y Discusión	65
4. Análisis Situacional	65
4.1 Estudio del terreno urbano: Damero de Chiclayo	65

4.2	Análisis De Tráfico Entre La Intersecciones De La Av. Francisco Bolognesi y Av. Luis Gonzales.....	66
4.3	Volumen De Tránsito Absoluto	67
4.3.1	Volumen Horario De Máxima Demanda (VHMD) y	70
4.3.2	Factor De La Hora De Máxima Demanda (FHMD)	72
4.3.3	Capacidad Vial	74
4.3.4	Nivel De Servicio	75
4.4	Análisis De Tráfico Entre La Intersección De La Calle María Izaga y Av. Luis Gonzales.....	76
4.4.1	Volumen De Tránsito Absoluto	77
4.4.2	Volumen Horario De Máxima Demanda (VHMD) Y.....	80
4.4.3	Factor De La Hora De Máxima Demanda (FHMD)	81
4.4.4	Capacidad Vial – Nivel De Servicio	82
4.4.5	Datos Obtenidos Del Análisis De Datos	83
4.5	Análisis De Tráfico En La Intersección De La Calle Elías Aguirre / Av. Luis Gonzales	84
4.5.1	VOLÚMEN DE TRÁNSITO ABSOLUTO.....	85
4.5.2	Volumen Horario De Máxima Demanda (VHMD)	88
4.5.3	Factor De La Hora De Máxima Demanda (FHMD)	90
4.5.4	Capacidad Vial	91
4.5.5	Nivel De Servicio.	91
4.5.6	Datos Obtenidos Del Análisis De Datos	92
4.6	Análisis De Tráfico Entre Calle San José y Av. Luis Gonzales	92
4.6.1	Volumen De Tránsito Absoluto en intersección de Calle San José y Av. Luis Gonzales	93
4.6.2	Volumen Horario Máximo Anual (VHMA) Y Volumen Horario De Máxima Demanda (VHMD).....	96
4.6.3	Factor De La Hora De Máxima Demanda (FHMD)	97
4.6.4	Capacidad Vial	99

4.6.5	Nivel de servicio.....	99
4.6.6	Datos Obtenidos del Análisis de Datos	100
4.7	Análisis De Tráfico Entre Calle Vicente De La Vega y Av. Luis Gonzales	100
4.7.1	Volumen De Tránsito Absoluto O Totales.....	101
4.7.2	Volumen Horario Máximo Anual (VHMA) Y Volumen Horario De Máxima Demanda (VHMD)	104
4.7.3	Factor de la Hora de Máxima Demanda (FHMD).	105
4.7.4	Factor de la Hora de Máxima Demanda (FHMD).	106
4.7.5	Capacidad vial.	106
4.8	Puntos Críticos	107
4.9	Estudio de la Infraestructura y Equipamiento del Damero de Chiclayo.....	108
4.10	Área delimitada para la propuesta.....	109
4.11	Estudio de la infraestructura y equipamiento del Damero de Chiclayo.....	109
4.12	Estudio de las Condiciones del Tránsito.	110
4.13	Análisis y evaluación del flujo vehicular en las cinco intersecciones semaforizada, considerando para el análisis la intersección de la Av. Luis Gonzales con la Calle Elías Aguirre.	115
4.13.1	Evaluación de acceso:	115
4.13.2	Volumen De Servicio Bajo Condiciones Promedio (Vs).....	116
4.13.3	Factores De Ajuste	116
4.13.4	Capacidad Bajo Las Condiciones Imperantes	117
4.13.5	Comparación De La Capacidad (C) y El Volumen Horario En El Periodo De Máxima Demanda (V)	117
V:	Desarrollo De La Propuesta	118
5	Condiciones previas para el modelado	118
5.1	Modelo de flujo de tráfico utilizado para la simulación	128
5.2	Selección de tecnologías	130
5.3	Diseño del modelo.....	131

5.4 Red Semafórica.	141
5.5 Análisis de Riesgo.....	141
Capítulo VI: Conclusiones y Recomendaciones.	143
6 Conclusiones.....	143
6.1. Recomendaciones.....	145
BIBLIOGRAFÍA	146
ANEXOS	149

Resumen

Chiclayo como ciudad emergente, presenta un tránsito caótico, siendo una de las causas su sistema de semaforización que es obsoleto, el mismo que funciona con temporizaciones fijos, tanto en tiempo de verde, y rojo y ámbar, este sistema no permite realizar mejoras dinámicamente con lo que sucede en el campo.

El trabajo plantea un modelo de implantación del sistema electrónico de semaforización inteligente en la avenida Luis Gonzales que conforma la zona del damero de Chiclayo, utilizando la técnica de conteo de vehículos en horas punta, con estos resultados se analizó los niveles de flujo vehicular, estos niveles de flujo vehicular nos indican cómo debe variar los tiempos de luz verde, para reducir los niveles de congestión a nivel longitudinal y transversal de las intersecciones de las calles o avenidas. Esta información evacuada a un sistema informático el que presenta un algoritmo que evalúa los datos a nivel longitudinal y transversal de las calles o avenidas, de tal manera, que tome decisiones de acuerdo al flujo vehicular que está establecido por nivel de congestión, de tal manera que la variable que es el nivel de congestión, sea traducido por el sistema informático en tiempos de luz tanto verde como rojo, haciendo al sistema de semaforización inteligente, un sistema dinámico que actúa con tiempos variables de luz verde y rojo de acuerdo al nivel de congestión.

ABSTRACT

Chiclayo as an emerging city, presents a chaotic traffic, one of the causes being its signaling system that is obsolete, the same one that works with fixed timings, both in green time, and red and amber, this system does not allow to make improvements dynamically with what happens in the field.

The work proposes a model of implantation of the intelligent electronic signaling system in the Luis Gonzales avenue that forms the checkerboard area of Chiclayo, using the vehicle counting technique in peak hours, with these results the vehicular flow levels were analyzed, these Vehicle flow levels tell us how the green light times should vary, to reduce the levels of congestion at the longitudinal and transversal levels of the intersections of the streets or avenues. This information is evacuated to a computer system which presents an algorithm that evaluates the data at the longitudinal and transversal level of streets or avenues, in such a way that it makes decisions according to the vehicular flow that is established by level of congestion, in such a way that the variable that is the level of congestion, is translated by the computer system in times of both green and red light, making the intelligent signaling system, a dynamic system that acts with variable times of green and red light according to the level of congestion.

INTRODUCCIÓN

Chiclayo al ser una provincia con un crecimiento demográfico urbano acelerado, habiéndose incrementado la demanda de transporte masivo, cuya oferta no crece en la misma proporción. La falta de coordinación interinstitucional, el deficiente dinamismo en la planeación y si tenemos en cuenta la infraestructura vial rígida que mantiene un diseño de hace muchos años, hace que se tengan que tomar medidas correctivas en muchos casos antes que preventivas en materia de tránsito y transporte.

El tráfico y la movilidad, en términos de tránsito y transporte, son la causa principal de los impactos negativos al medio ambiente urbano donde se acentúa la contaminación ambiental, el ruido, el consumo excesivo de recurso y la ocupación extensiva e intensiva del espacio vial.

Actualmente el Gobierno provincial de Chiclayo es el ente competente del sistema de tránsito y transporte de la ciudad, la misma que atraviesa

por una etapa de desorden y caos por el no cumplimiento a las normas de tránsito emitidas.

La investigación de la presente tesis plantea solucionar por medio de un sistema de control de semaforización inteligente, el flujo de vehículos en la avenida Luís González que se considera una de las arterias de mayor incidencia en el tráfico al centro de la ciudad, por la turgurización de los vehículos de transporte., lo cual puede servir como modelo para implantarla a nivel de toda la ciudad de Chiclayo. Este sistema presenta una alternativa con tecnología moderna y sistemas de control de tráfico adecuado a los avances tecnológicos que puedan agilizar el tráfico vehicular.

No existe un plan de semaforización integral en la ciudad que esté de acuerdo con el crecimiento vehicular y que tenga en cuenta la infraestructura vial de la ciudad, con esta investigación se pretende mostrar un modelo de diseño que puede ser replicado a nivel de la ciudad en su conjunto y solucionar el flujo vehicular acorde con los avances tecnológicos.

Capítulo I: Objeto De Estudio

1.1 Antecedentes Empíricos

Para el marco de antecedentes presentamos las siguientes fichas con datos de proyectos semaforización inteligente a nivel mundial que nos permiten entender el funcionamiento de los semáforos inteligentes, también algunas fallas o limitaciones que pueden presentarse en estos.

Tabla 1

Capital estrena semáforos inteligentes en 180 intersecciones

Título del documento	Capital estrena semáforos inteligentes en 180 intersecciones.
Fecha de publicación, autor y editorial.	Miércoles 28 de noviembre de 2007. Vanessa Loaiza N, nación.com Costa Rica.
Síntesis del documento	Se instalaron semáforos inteligentes en 150 intersecciones, los cuales contarán con cámaras que permitirán el monitoreo desde un centro de control para identificar las zonas donde se presente mayor congestión vehicular.
Metodología	Se implementan cámaras de video, por medio de redes que conectan todos los semáforos, llevando la información registrada por las cámaras hacia una estación para ser monitoreada y manejada de acuerdo a las leyes impuestas. Mejor control y monitoreo del tráfico en la ciudad.
Resultados	Este proyecto es muy viable pues se tendrá control del tráfico desde una estación.
Observaciones y comentarios	
Fuente	http://www.nacion.com/ln_ee/2007/noviembre/28/pais1332560.html

Tabla 2*Semáforos inteligentes reducen la contaminación y agilizan el tráfico*

<i>Título del documento</i>	<i>Semáforos inteligentes reducen la contaminación y agilizan el tráfico.</i>
Fecha de publicación, autor y editorial	Viernes 15 de febrero del 2008. Yaiza Martínez, tendencias tecnológicas.
Síntesis del documento	Los científicos de Norteamérica y Rumania han descubierto que con un sistema de semáforos inteligentes se lograría una reducción del tiempo de espera en las calles, de hasta un 28% con respecto al tiempo de espera actual y un 6,5 % menos de emisiones de CO ₂ . (ver Figura 1)
Metodología	El modelo registra los picos de flujo del tráfico, al tiempo que desde el centro de control se establecía dicho flujo. También se les suministro información acerca de la posición y velocidad de los vehículos de la ciudad y se programaron para que calculasen como organizar los cambios de color de sus luces, y así agilizar el tráfico.
Resultado	Este sistema emitiría señales al GPS de nuestros automóviles, con la información que deben adoptar con respecto al cambio de luces en un semáforo.
Observaciones y comentarios	La finalidad de estos ITS sería la de reducir los atascos y mejorar la seguridad del tráfico (Aún no han probado esta teoría de las señales). Este proyecto es viable, pero requiere que todos los autos posean un GPS.
Fuente	http://www.tendencias21.net/Semaforos-inteligentes-reducen-la-contaminacion-y-agilizan-el-trafico_a2074.html

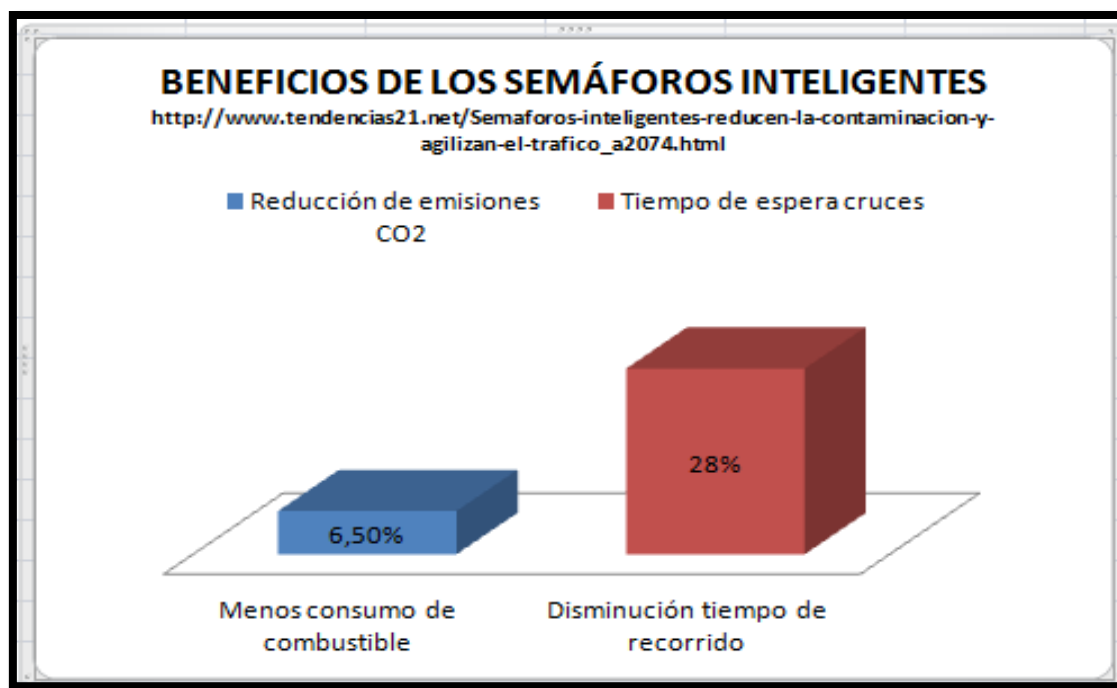


Figura 1 Beneficios de los semáforos inteligentes

Aquí una lista de más antecedentes a nivel mundial (ver ANEXO 3) Descripción completa de los antecedentes empíricos:

- Tabla 1: Los nuevos semáforos inteligentes de Barcelona.
- Tabla 2: Semáforos inteligentes.
- Tabla 3: Semáforos inteligentes para Bogotá.
- Tabla 4: Barranquilla inaugura semáforos inteligentes.
- Tabla 5: Entregan 490 Semáforos inteligentes para el oriente de Cali.
- Tabla 6: Instalaran semáforos inteligentes en Monagas.
- Tabla 7: Son semáforos, pero no inteligentes
- Tabla 8: Instalación de 3.487 semáforos inteligentes en Lima permitirá ahorrar 30% del tiempo de los traslados
- Tabla 9: Nuevo sistema de semaforización de Quito.

1.2 Planteamiento Del Problema

El problema de congestión y en horas de mayor circulación vial, que son en la mañana de 7:30 A.M. a 8:30 A.M, al medio día de 12:00 M a 1:00 P.M y en la noche de 6:30 P.M a 7:30 P.M, denominados horas de mayor congestión del tráfico vehicular o de saturación de determinadas arterias de la ciudad de Chiclayo, se debe fundamentalmente a la falta de control del flujo vehicular dinámico y con el flujo vehicular definir los tiempos luces verde y rojo de los semáforos, al mismo tiempo al no actuar como un sistema integrado el conjunto de semáforos, no se puede sincronizar los mismo, donde se debe tener en cuenta que los actuales semáforos tienen una tecnología obsoleta, a los que no se podría adecuar que actúen como un sistema de control del flujo vehicular y además que exista interacción con los otros semáforos ya sea contiguo o adyacente, también se debe de considerar que su sistema de luces son con focos simples, que generan mucho consumo de energía y su tiempo de vida es corta, produciéndose un continuo cambio de focos de los mismos, incrementando los costos de mantenimiento de los semáforos, así como la emisión de CO₂(figura 2)

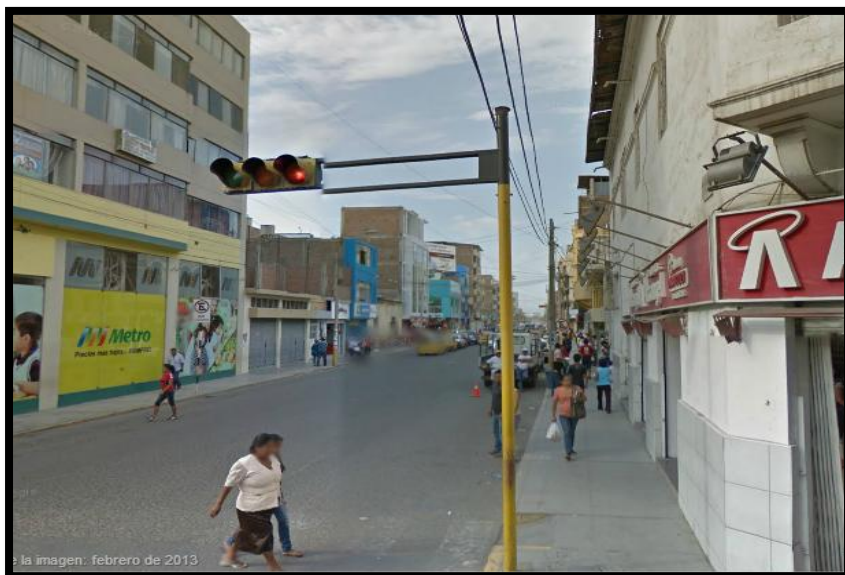


Figura 2 Semáforo aislado (Av. Luis Gonzales)

1.2.1 Variables del problema

Se establece por medio del flujo vehicular la misma que se mide en categorías para establecer el nivel de congestión vehicular.

Variable independiente: Flujo vehicular

Variable dependiente: Tiempo de las luces del semáforo.

1.2.2 Formulación preposicional del problema

La parte principal y significativa del problema consiste en que “La semaforización de la ciudad de Chiclayo no actúa como un sistema integrado, sino como semáforos aislados”, esta consiste, que si bien existen semáforos instalados en diferentes puntos de la ciudad, los mismos actúan en forma individual, no estando por tanto integrados en un sistema de semaforización con un centro de control, la que debería brindar información del flujo vehicular en las diferentes arterias y así como almacenar los datos en un centro de control para tener una estadística, al igual que poder monitorear en forma visual para hacer las correcciones en la programación de los semáforos, esto se dificulta porque los actuales semáforos no se les puede utilizar como un sistema integral, ya que su tecnología no lo permite.

La otra parte del problema consiste en que, si bien se conocen los fundamentos teóricos, los alcances y las limitaciones técnicas de la tecnología de semaforización; no existen datos del flujo vehicular.

1.3 Delimitación De La Investigación

Se eligió la Avenida Luis Gonzales entre la avenida Francisco Bolognesi y la calle Vicente de la Vega para proponer un modelo de semáforos inteligente (ANEXO 4).

El modelo de semaforización a diseñar y el área de cobertura abarcan las intersecciones:

- Av. Francisco Bolognesi con la Av. Luís González.

- Calle Manuel María Izaga con la Av. Luís González.
- Calle Elías Aguirre con la Av. Luís González.
- Calle San José con la Av. Luís González.
- Calle Vicente de la Vega con la Av. Luís González.

1.4 Justificación De La Investigación

La investigación se centra en la búsqueda de una tecnología de semaforización que permita dar cobertura a la ciudad de Chiclayo, que ayude a controlar el flujo del tráfico.

Que permite monitorear las arterias y zonas críticas para seguridad de la población y que se pueda replicar el modelo en otras zonas y distritos para mejorar la circulación vial.

Esto permitirá que los vehículos estén menos tiempo de espera en los semáforos para así llegar más rápido a su destino y con esto reducir la contaminación pues se reducirá el tiempo de uso de los vehículos y así la emisión de CO₂ de los mismos.

1.5 Limitaciones De La Investigación

El alto costo del sistema de semaforización inteligente no ha permitido al investigador efectuar la adquisición de un prototipo de semáforo para la demostración, que pudieron haber enriquecido esta investigación.

1.6 Hipótesis

Las relaciones entre la longitud de la vía, el número de vehículos y la distancia recorrida, se optimizarán con la implantación de un sistema de semaforización inteligente en la Av. Luís González.

1.7 Objetivo De La Investigación

1.7.1 Objetivo General

Elaborar una propuesta para implantar un sistema de semaforización en la Av. Luís González que sirva como modelo para las demás avenidas que conforman el anillo vial de la Ciudad de Chiclayo.

1.7.2 Objetivos Específicos:

- a) Analizar el tráfico vehicular en la Av. Luís González.
- b) Observar los niveles de servicio de flujo vehicular los cuales ayudarán a distinguir la saturación de las principales vías que conforman el anillo vial de la Ciudad de Chiclayo
- c) Desarrollar la propuesta de Semaforización Inteligente para la Av. Luís González que conforma el anillo vial de la Ciudad de Chiclayo.
- d) Proponer la tecnología que se utilizará para la implantación del sistema de semaforización inteligente en la Av. Luís González.

Capítulo II: Marco Referencial

2. Marco Histórico:

Hacia mediados del siglo XIX, décadas antes de que los coches colapsaran las calles de las ciudades, especialmente en zonas muy concurridas de las grandes capitales, la densidad de carruajes era tan grande que no bastaba con ceder el paso. De vez en cuando se formaban caóticos atascos que bloqueaban plazas y las calles adyacentes y, además, los peatones tenían enormes dificultades para poder cruzar las calles más transitadas, uno de los lugares en los que esto ocurría regularmente era delante de las Cámaras del Parlamento Británico, en el Palacio de Westminster, siendo aquí en donde se construyó el primer semáforo de la historia.

[1]

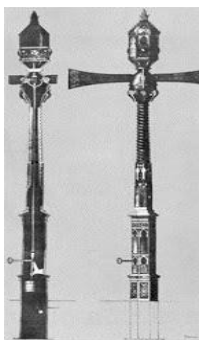


Figura 3 Diseño del semáforo de J.P. Knight

El ingeniero ferroviario J. P. Knight diseñó el primer semáforo en 1868, el cual empezó a funcionar el 10 de diciembre de ese mismo año y que se basó en una copia de los semáforos de las vías de tren: tenía dos brazos móviles accionados por cables en el interior de la torre. Cuando el brazo estaba abajo, se podía pasar. Si se levantaba horizontalmente, había que detenerse y, si formaba 45 grados con la horizontal significaba “precaución”. Las autoridades de Policía de Londres publicaron instrucciones precisas para obedecer las señales de la torre del semáforo (ver figura 3).

Este tipo de dispositivo no era automático desde luego, había un policía en la base de la torre las 24 horas del día operando los brazos de manivela; con el tiempo J.P. Knight tuvo en cuenta el tráfico nocturno de la ciudad y adiciono dos luces de gas, una roja y otra verde para el funcionamiento nocturno, estas luces podían ser alternadas mediante el accionamiento de una palanca. Dos zumbidos señalaban que el tráfico que podía avanzar era el de la avenida y un sólo zumbido indicaba que era el tráfico de la calle. No tuvo una larga existencia dado un desafortunado accidente que provocó que explotase matando a un policía.

El 4 de agosto de 1914 se instaló el primer semáforo “moderno”, en Cleveland, Estados Unidos inventado por Garrett Augustus Morgan. Este gestionaba el tráfico entre la avenida Euclid y la calle 105 Este. Contaba con luces rojas y verdes, colocadas sobre unos soportes con forma de brazo. Además, incorporaba un emisor de zumbidos como su antecesor inglés.

Con la evolución de la electrónica y la llegada de las computadoras, los sistemas de semaforización también fueron evolucionando, esta vez gracias a complicados temporizadores que se programaban de acuerdo a los tiempos según el día o la semana, y aunque no eran sistemas muy interactivos si mejoraron el flujo vehicular en las calles.

El sistema cambió pocos años después y se sustituyó el zumbador por una tercera luz de color ámbar. Los primeros semáforos de tres luces aparecieron en 1920 gracias a un policía

de Detroit - Estados Unidos, llamado William Potts; meses más tarde, los semáforos entraron oficialmente en servicio (figura 4).

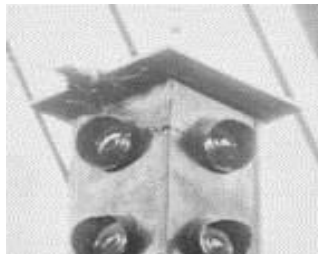


Figura 4 Invención de William Potts 1920



Sólo dos años después empezaron a funcionar de forma automática en toda la isla de Manhattan. Y en 1953 aparecieron los primeros semáforos eléctricos. Ocho años más tarde, en el 1961, se agregó en Berlín, un dispositivo que regulaba la circulación de los peatones. [2]

2.1 Marco Teórico

2.1.1 El Semáforo

Funciones

El semáforo es un dispositivo de señalización encargado de regular el tráfico de vehículos, bicicletas y peatones, por medio de las indicaciones de luces, operadas por una unidad electrónica de control.

Se les dispone en las intersecciones de las diferentes vías de tránsito vehicular o peatonal, el tipo más frecuente de semáforo cuenta con tres luces de colores:

- Verde, para avanzar
- Rojo, para detenerse
- Amarillo o ámbar como paso intermedio del verde al rojo

El amarillo tiene un significado distinto si está intermitente (pasar con precaución) o si está fijo (detenerse, si la velocidad que llevamos nos lo permite con seguridad) (figura 5)

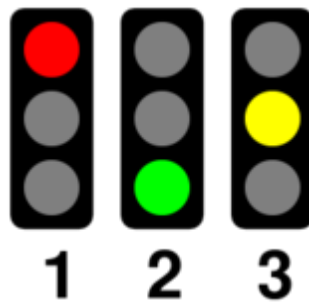


Figura 5 Colores del Semáforo

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. Por lo tanto, es de vital importancia que la selección y uso de tan importante artefacto de regulación sea precedido de un estudio exhaustivo del sitio y de las condiciones del tránsito.

Los semáforos se usan para desempeñar, entre otras, las siguientes funciones:

- Interrumpir periódicamente el tránsito de una corriente vehicular o peatonal para permitir el paso de otra corriente vehicular.
- Regular la velocidad de los vehículos para mantener la circulación continua a una velocidad constante.
- Controlar la circulación por carriles.
- Eliminar o reducir el número y gravedad de algunos tipos de accidentes, principalmente los que implican colisiones perpendiculares.
- Proporcionar un ordenamiento del tránsito.

2.1.1.1 Componentes de un semáforo.

El semáforo consta de una serie de elementos físicos, como la cabeza, soportes, cara, lentes, visera y placa de contraste. Sus definiciones y características se enumeran a continuación:

a) Cabeza:

Es la armadura que contiene las partes visibles del semáforo. Cada cabeza contiene un número determinado de caras orientadas en diferentes direcciones.

b) Soportes:

Son las estructuras que se usan para sujetar la cabeza del semáforo y tienen como función situar los elementos luminosos del semáforo en la posición en donde el conductor y el peatón tengan la mejor visibilidad y puedan observar sus indicaciones.

Por su ubicación a un lado de la vía están compuestos de:

- Postes
- Ménsulas cortas

Por su ubicación en la vía están compuestos de:

- Ménsulas largas sujetas a postes laterales
- Cables de suspensión

- Postes y pedestales en islas

c) Cara:

Es el conjunto de unidades ópticas (lente, reflector, lámpara o led y portalámparas) que están orientadas en la misma dirección. En cada cara del semáforo existirán como mínimo dos, usualmente tres, más unidades ópticas para regular uno o más movimientos de circulación.

d) Lente:

Es la parte de la unidad óptica que por refracción dirige la luz proveniente de la lámpara o conjunto de leds y de su reflector en la dirección deseada.

e) Visera:

Es un elemento que se coloca encima o alrededor de cada una de las unidades ópticas, para evitar que, a determinadas horas, los rayos del sol incidan sobre éstas y den la impresión de estar iluminadas, así como también para impedir que la señal emitida por el semáforo sea vista desde otros lugares distintos hacia el cual está enfocado.

f) Placa de contraste:

Elemento utilizado para incrementar la visibilidad del semáforo y evitar que otras fuentes lumínicas confundan al conductor. [3] y [4].

2.1.1.2 Significado de sus indicaciones

Las lentes de los semáforos para el control vehicular deberán ser de color rojo, amarillo y verde. Cuando se utilicen flechas, éstas también serán rojas, amarillas y verdes sobre fondo negro.

Como se puede observar en la figura 6, las lentes de las caras de un semáforo deberán preferiblemente formar una línea vertical. El rojo debe encontrarse sobre la parte alta, inmediatamente debajo debe encontrarse el amarillo y el verde en la parte baja.

La interpretación de los colores de los semáforos es como sigue:

a) Verde

Los conductores de los vehículos, y el tránsito vehicular que observe esta luz podrá seguir de frente o girar a la derecha o a la izquierda, a menos que alguna señal (reflectorizada o preferentemente iluminada) prohíba dichos giros.

Los peatones que avancen hacia el semáforo y observen esta luz podrán cruzar la vía (dentro de los pasos, marcados o no) a menos que algún otro semáforo indique lo contrario.

b) Ámbar o Amarillo

Advierte a los conductores de los vehículos y al tránsito vehicular en general que está a punto de aparecer la luz roja y que el flujo vehicular que regula la luz verde debe detenerse.

Advierte a los peatones que no disponen de tiempo suficiente para cruzar la vía, excepto cuando exista algún semáforo indicándoles que pueden realizar el cruce.

Sirve para despejar el tránsito en una intersección y para evitar frenadas bruscas. Algunas condiciones físicas especiales de la intersección, tales como dimensiones, topografía (pendientes muy pronunciadas), altas velocidades de aproximación o tránsito intenso de vehículos pesados requieren un intervalo o duración mayor que el normal para despejar la intersección. En tal caso, se empleará un intervalo normal de amarillo seguido de la luz roja en todas las direcciones durante otro intervalo adicional para desalojar totalmente la intersección.

En ningún caso se cambiará de luz verde o amarilla intermitente a luz roja o rojo intermitente sin que antes aparezca el amarillo durante el intervalo necesario para desalojar la intersección. Sin embargo, no se empleará en cambios de rojo a verde total con flecha direccional, o al amarillo intermitente.

c) Rojo fijo:

Los conductores de los vehículos y el tránsito vehicular deben detenerse antes de la raya de paso peatonal y, si no la hay antes de la intersección, y deben permanecer parados hasta que vean el verde correspondiente.

Ningún peatón frente a esta luz debe cruzar la vía, a menos que esté seguro de no interferir con algún vehículo o que un semáforo peatonal indique su paso.

Nunca deberán aparecer simultáneamente combinaciones en los colores de los semáforos, excepto cuando haya flechas direccionales con amarillo o con rojo, o cuando se use el amarillo con rojo para alertar a los conductores del próximo cambio a verde.

d) Intermitentes:

Rojo Intermitente: Cuando se ilumine una lente roja con destellos intermitentes, los conductores de los vehículos harán un alto obligatorio y se detendrán antes de la raya de paso peatonal. El rojo intermitente se empleará en el acceso a una vía preferencial.

Amarillo Intermitente (señal de precaución): Cuando se ilumine la lente amarilla con destellos intermitentes, los conductores de los vehículos realizarán el cruce con precaución. El amarillo intermitente deberá emplearse en la vía que tenga preferencia.

El amarillo fijo no debe ser usado como señal de precaución.

Verde intermitente: Cuando la lente verde funcione con destellos intermitentes, advierte a los conductores el final de tiempo de luz verde.

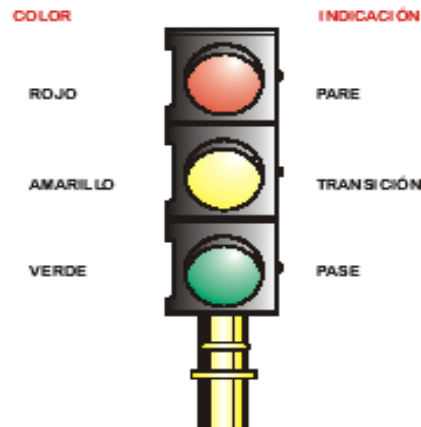


Figura 6 Indicaciones del semáforo.

2.1.1.3 Uso y colocación

Se usarán en las intersecciones donde la intensidad del tránsito fluctúa considerablemente en forma irregular y en donde las interrupciones de la circulación deben ser mínimas en la dirección principal.

2.1.1.4 Límites de área controlada

Los semáforos sólo regularán el tránsito en la intersección en que están instalados o bien en aquellos sitios en que se requiera a mitad de la cuadra.

2.1.1.5 Funcionamiento Continuo y Eficiencia

Los semáforos deberán estar funcionando permanentemente y además deben estar bien iluminados.

El mal funcionamiento de los semáforos produce inconvenientes, como desobediencia, arbitrariedad y, con esto, peligros innecesarios difíciles de corregir después.

Cuando no estén funcionando para regular el tránsito sólo operarán en forma intermitente.

Antes de poner a funcionar una instalación nueva, o cuando por otra razón no estén funcionando los semáforos, éstos deberán ser tapados o eliminados, para que ninguna persona pueda creer que se ha quemado algún bombillo o lámpara.

2.1.2 Clasificación de los semáforos

Los semáforos para el control del tránsito de vehículos se clasifican de la siguiente forma:

2.1.2.1 Semáforos Presincronizados

Definición: Es un dispositivo para el control del tránsito que regula la circulación haciendo detener y proseguir el tránsito de acuerdo a una programación de tiempo determinado o a una serie de dichas programaciones establecidas.

Las características de operación de estos semáforos, tales como duración del ciclo, intervalo, secuencia, desfasamiento, etc., pueden ser cambiadas de acuerdo con un programa determinado.

Estos semáforos de control presincronizados se adaptan mejor a las intersecciones donde los patrones del tránsito son relativamente estables y constantes, o donde las variaciones del tránsito que se registran pueden tener cabida mediante una programación presincronizado sin causar demoras o congestión no razonables. El control presincronizado es particularmente adaptable a intersecciones donde se desee coordinar la operación de semáforos con instalaciones existentes o planificadas en intersecciones cercanas en la misma calle o calles adyacentes.

2.1.2.1.1 Requisitos que justifican su instalación

Este tipo de semáforos se debe instalar y operar solamente si se satisfacen uno o más de los requisitos o condiciones siguientes:

- Volumen mínimo de vehículos.
- Interrupción del tránsito continuo.
- Volumen mínimo de peatones.
- Movimiento o circulación progresiva.

2.1.2.1.2 Coordinación de semáforos presincronizados.

En general, todos los semáforos presincronizados deben estar separados entre sí hasta 800 metros [m], que controlan el mismo tránsito en una vía principal o en una red de intersecciones de rutas preferenciales, su operación debe ser coordinadamente.

Aún a distancias mayores la coordinación puede ser recomendable bajo ciertas circunstancias.

Se recomienda el empleo de controles interconectados, sin embargo, la coordinación no podrá mantenerse en las fronteras de sistemas de semáforos que operan en diferentes ciclos.

La coordinación debe incluir tanto semáforos accionados como no accionados o presincronizado, siempre y cuando se ubiquen a distancias apropiadas.

Grandes inconvenientes y demora son el resultado de la operación independiente, no interrelacionada, de instalaciones de semáforos estrechamente adyacentes que operan con control presincronizado. La mayor parte de este retardo puede eliminarse mediante una coordinación planificada cuidadosamente. [5].

2.1.2.1.3 Tipos de coordinación

La clasificación más útil de los sistemas de control de semáforos está basada en el método de coordinación. Puesto que el propósito de esta coordinación es organizar y dar fluidez al tránsito, es esencial entender de qué manera operará la corriente principalmente vehicular según los diversos sistemas.

Según esto, existen cuatro tipos de sincronización de semáforos no accionados o presincronizado:

- Sistema simultáneo.
- Sistema alterno.
- Sistema progresivo limitado.
- Sistema progresivo flexible.

2.1.2.2 Semáforos accionados por el tránsito

Definición: Un semáforo accionado por el tránsito es un aparato cuyo funcionamiento varía de acuerdo con las demandas del tránsito que registren los detectores de vehículos o peatones, los cuales suministran la información a un control maestro.

Generalmente son de tipo electrónico siendo de tecnología avanzada. Sus dispositivos están formados por elementos electrónicos que forman circuitos o módulos que se denominan de acuerdo a su función. La unidad accionada por el tránsito se compone generalmente de tres módulos básicos.

Módulo de carga o de poder. Es aquel donde se localiza el transformador de carga que alimenta todos los circuitos electrónicos.

Módulo de operación. Reparte los tiempos de las fases de los semáforos.

Módulo de control. Recibe y transmite las señales del sistema a través del cable de interconexión (computadora, control maestro y detectores).

Se usan en las intersecciones donde los volúmenes de tránsito fluctúan considerablemente en forma irregular y en donde las interrupciones de la circulación deben ser mínimas en la dirección principal.

Los semáforos accionados por el tránsito se clasifican en tres categorías generales:

Semáforos totalmente accionados: Disponen de medios para ser accionados por el tránsito en todos los accesos de la intersección.

Semáforos parcialmente accionados: Disponen de medios para ser accionados por el tránsito en uno o más accesos de la intersección, pero no en todos.

Semáforos ajustados al tránsito: Es un tipo de semáforo en el cual las características del despliegue de señales en los controladores locales para un área o para una arteria, varían continuamente de acuerdo con la información sobre el flujo del tránsito suministrado a un computador maestro por detectores de muestreo ubicados en puntos de flujo típico en el área.

[6].

2.1.3 Sistema inteligente de tránsito

Generalidades

Los Sistemas Inteligentes de Transporte (SIT) del inglés: Intelligent Transportation Systems, (ITS), se originaron hace más de una década.

Los Sistemas inteligentes de tránsito pueden ser definidos como la relación entre la tecnología de información y sistemas de comunicación con los vehículos y redes de caminos que forman parte del sistema de transporte. Podemos considerarlos inteligentes teniendo en cuenta que proveen información oportuna tanto a usuarios como a operadores. Apostar por estas tecnologías en el conjunto formado por los actuales sistemas de transporte puede suponer salvar vidas, así como un ahorro de tiempo y dinero. [7].

Estos sistemas pueden acabar siendo considerados como la optimización de las funciones de los elementos básicos del tránsito —infraestructura vial (calles y caminos) y vehículos— mediante la aplicación de tecnologías avanzadas que interrelacionan tales elementos. [7]

Existen dos elementos fundamentales en los Sistemas Inteligentes de Transporte, el primero es la capa lógica compuesto por las funciones y los procesos y el segundo es la capa física compuesto por los sistemas y las tecnologías. En ambos casos existe una coherencia con la definición de los servicios o aplicaciones ITS que se asocia a un marco normativo de referencia. (Figura 7).

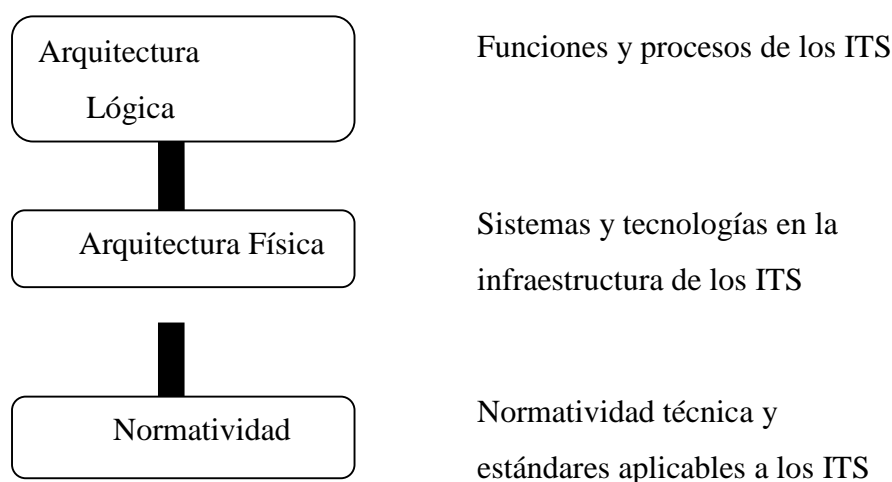


Figura 7 Estructura básica de los ITS

La arquitectura lógica, establece las funciones y procesos para desarrollar los ITS que incluyen las aplicaciones informáticas que se ejecuta el hardware de todos los equipamientos tanto fijos como móviles que hay en las vías.

La arquitectura Física incluye los esquemas y especificaciones para los componentes físicos y el conjunto de dispositivos electrónicos y de telecomunicaciones, así como a las instalaciones necesarias para dar soporte a los diferentes servicios. Esta arquitectura utiliza diferentes esquemas de canales de telecomunicaciones para dar soporte a los servicios.

La normatividad, es el conjunto de normas y estándares nacionales o internacionales que se homologan para dar soporte a la arquitectura física.

En la figura 8, podemos observar los componentes de un sistema inteligente de transporte (S.I.T) que permite maximizar la seguridad vial, la eficacia y eficiencia del transporte vial y la preservación del medio ambiente.

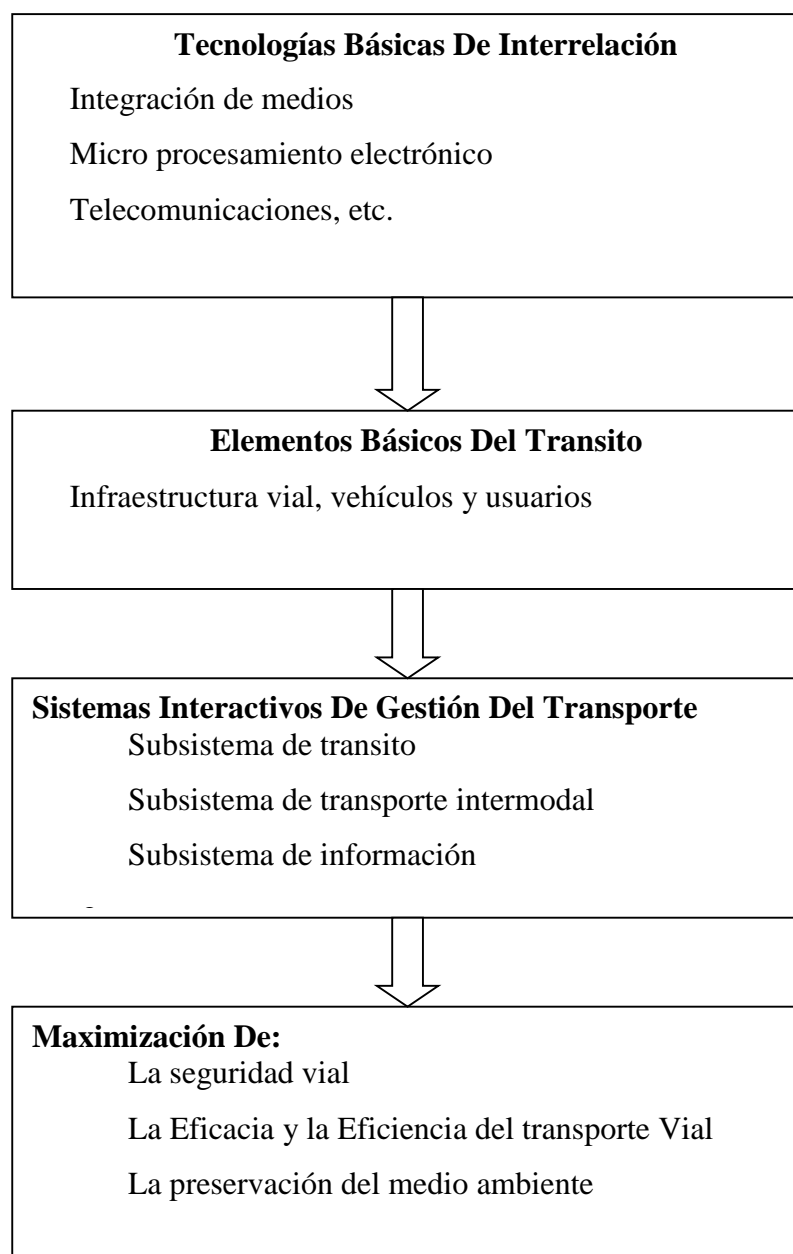


Figura 8 Componentes de una ITS

Para la aplicación apropiada de los conceptos que caracterizan los Sistemas Inteligentes de Transporte, se requerirá su estandarización, ya en marcha en algunos países, además de establecerse la institucionalidad que el caso requiera.

Así, por ejemplo, la Información transmitida al Conductor, en las distintas formas ya expuestas, deberá estar sujeta a determinadas normas (provenientes de la “estandarización”).

Se debe entender, que todo ello implicará tener siempre presente uno de los propósitos de mayor trascendencia, que es el logro de máxima seguridad para los usuarios de las vías

públicas, además de facilitarse el movimiento de los vehículos con la información pertinente en el momento oportuno.

En suma, se trata de la realización de una mejor gestión y la obtención de mayor productividad en el campo del Transporte, definido éste como el objetivo permanente del proceso de Tránsito. [8]

2.1.3.1 El subsistema de tránsito

Los conceptos sobre Sistemas Inteligentes se aplican a las instalaciones complementarias, dispositivos especiales y otros que se han ido incorporando a la Infraestructura vial, como también a los vehículos, mediante el equipamiento (instrumental y equipos especiales) con que se los está dotando para posibilitar el intercambio fluido de Información.

Por otra parte, ambos elementos básicos, Infraestructura y Vehículos, desempeñan el papel de verdaderos terminales de las comunicaciones, por cable e inalámbricas, luego del monitoreo permanente de lugares y situaciones que se presenten, con el objeto de recoger antecedentes que afecten directamente a los usuarios en momentos determinados y luego transmitirlos en forma visual, oral, acústica u otra, a los Centros Operativos del Tránsito para las decisiones del caso.

En esta forma se cumple con un rol de control dinámico, que va diferenciándose en el tipo de Información intercambiada en cada instancia entre los vehículos y los centros ya señalados, sea por la naturaleza de las situaciones y según se trate de calles o de caminos.

Por su novedad, cabe citar el Sistema de Información para la infraestructura vial en la ciudad de Tokio, Japón, denominado Sistema de Información y Comunicaciones Vehicular (del inglés: Vehicle Information and Communication System, “VICS”), cuyo centro operativo provee de información a los automovilistas dentro del área metropolitana, especialmente sobre situaciones de congestión vehicular, disponibilidades de estacionamientos, accidentes, etc.

A los vehículos se les podrá dotar en el futuro de instrumental agregado, como por ejemplo sistemas de advertencia de colisiones, que funcionan sobre la base de radar y que producen el frenado automático, o la desviación deliberada de su trayectoria, si es el caso, instalaciones que actúan sobre la velocidad y separación longitudinal con otros vehículos o eventuales obstáculos, ante la posibilidad de colisiones inmediatas, sensores magnéticos que indican al conductor la posición exacta de sus vehículos en movimiento sobre la calzada, unidades computacionales con equipos de audio, que desempeñan diversas funciones.

2.1.4 Autoridad Legal

Los semáforos que controlan el tránsito deberán ser instalados y operados en vías públicas únicamente por la autoridad de tránsito competente que son las Municipalidades Provinciales, o en quien ella delegue esta actividad, y complementados con una vigilancia efectiva para hacer respetar sus indicaciones.

La instalación de señales u otros artefactos que obstaculizan o interfieren la visibilidad de cualquier semáforo deberá ser prohibida.

2.1.5 Telemática y transporte urbano

La utilización de la telemática en el transporte urbano, no sólo es un reto estratégico para aprovechar las ventajas de la desregulación de los mercados y apertura de las economías, sino que es una necesidad para el control de rutas, la gestión del transporte público y el manejo eficiente de flotas, donde un uso adecuado y coordinado de la telemática, puede reducir los tiempos de desplazamiento y las distancias recorridas, a la vez que incrementa la seguridad, el confort y el conjunto de servicios que pueden ser ofrecidos a los usuarios y clientes.

2.1.6 Ingeniería de Tránsito- Principios básicos

La ingeniería de tránsito es una rama de la ingeniería civil que se encarga de planear, diseñar y organizar la operación del tráfico en calles y autopistas, con el fin de obtener una movilidad segura y eficiente.

Como herramienta en el diseño de vías, se usan modelos de predicción, que son diseños basándose en muestras de varios parámetros del tráfico. [9].

2.1.6.1 Unidad de automóvil de pasajeros (p.c.u)

Es la unidad vehicular de referencia. Debido a que una intersección puede ser atravesada por diferentes tipos de vehículos, es conveniente normalizarlos a un solo tipo, siendo el p.c.u. (passanger car unit) la unidad de equivalencia a automóvil. Valores típicos de p.c.u. son dados en la Tabla 3 (de Kimber, Mc Donald y Hounsell). Es importante destacar que el valor de p.c.u. es diferente según el tipo de intersección, y del estado del parque automotor; por lo que posiblemente algunos valores indicados no sean aplicables para nuestro caso.

Tabla 3
Tabla de Kimber, Mc Donald y Housell

Tipo de vehículo	p.c.u.
Automóvil y station wagon	1.0
Vehículos de carga ligeros	1.5
Vehículos de carga pesados (> 1.52 toneladas)	1.75 - 3.0
Omnibuses	2.0 - 2.25
Motocicletas	0.4
Bicicletas	0.2

Equivalencias de passanger car unit, referido a un automóvil.

2.1.6.2 Flujo de tráfico

Es un grupo de vehículos que usan uno o más carriles adyacentes con las mismas posibilidades de movimiento, por lo tanto, controlados por las mismas señales de tráfico. En caso de ser más de un carril, los vehículos pueden tomar cualquiera de ellos. No afecta el hecho de que en el mismo carril los vehículos puedan tener varias opciones de movimiento (seguir de frente, doblar a la derecha, doblar a la Izquierda).

Uno o más flujos de tráfico son compatibles, si pueden tener luz verde simultáneamente. Un grupo de flujos es un conjunto de grupos que siempre reciben idénticas señales en el semáforo, Dos grupos de flujos son compatibles si cada flujo en un grupo es compatible con cada flujo en el otro.

2.1.6.3 Ciclo

En una operación a tiempo fijo, es el tiempo requerido para dar pase a todos los flujos de tráfico. Para cada flujo en particular, incluye un período de tiempo en verde y otro en rojo. Los demás cambios de luces (ámbar, rojo y ámbar, todo rojo) son opcionales, y, dependen de cada país.

Generalmente, se prefieren valores pequeños de ciclos, dado que ellos reducen la demora. Usualmente varían entre 60 y 120 segundos.

2.1.6.4 Fase

Es el período de tiempo entre dos cambios de señales. Es una parte del ciclo durante la cual un determinado grupo de flujos tiene luz verde. El ciclo consiste de una secuencia de fases, cada grupo de flujos tiene luz verde para una o más fases. Las fases se denotan con números.

2.1.6.5 Capacidad teórica de un flujo (Q)

También llamada capacidad absoluta, es la tasa (p.c.u./tiempo) promedio del flujo del tráfico desde el frente de la cola, a la cual los vehículos pueden entrar a una intersección cuando los vehículos están en cola. Es una característica geométrica.

Estudios de campo, indican que la capacidad de una intersección semaforizada es controlada por las capacidades de las vías confluentes. La capacidad de un carril individual es proporcional al ancho del carril en la intersección. Es una medida sobre períodos de tiempo que incluyen luz verde y roja en los semáforos, por lo tanto, el máximo número de vehículos que pueden entrar en una intersección es afectado por la fracción de tiempo del ciclo en que tienen luz verde.

2.1.6.6 Tiempo entre verdes

Cuando el período verde empieza, los vehículos en la cola de tráfico toman algún tiempo para acelerar a velocidad constante; luego de este período (para cruzar la Intersección) es que comienzan a descargarse las colas a una tasa más o menos constante. Al final del período verde, algunos de los vehículos en la cola usan el período ámbar para acceder a la intersección, cayendo luego a cero la tasa de descarga.

2.1.6.7 Nivel de servicio y demora

El nivel de servicio de una intersección queda definido por las demoras, que para el usuario significan una medida de tiempo perdido de viaje, de la incomodidad, de la frustración y del consumo del combustible.

El nivel de servicio se expresa en términos de la demora medida por vehículos debida a las detecciones para un periodo de análisis de 15 minutos.

Los niveles de servicio se clasifican desde la A hasta la F; siendo el nivel “A”, el óptimo, y el nivel “F” denota situación de congestión y saturación excesiva. Esta clasificación se basa en los valores de demora y congestión mostradas en la Tabla 4.

Tabla 4:

Nivel de servicio y demora en vía urbana

Nivel de servicio	Demora media (seg/veh)	Índice de Congestión (Factor de carga)
A	$d \leq 5$	0.0
B	$5 < d \leq 15$	0.1
C	$15 < d \leq 25$	0.3
D	$25 < d \leq 40$	0.7
E	$40 < d \leq 60$	1
F	$d > 60$	despreciable

Fuente: Manual de capacidad de Carreteras

Descripción de cada nivel de servicio:

Niveles de Servicio

NIVEL DE SERVICIO

NIVEL A Alto grado de libertad funcional.

NIVEL B Circulación estable, aunque condicionada para los vehículos más rápidos.

NIVEL C Circulación estable, aunque considerablemente condicionada.

NIVEL D Circulación inestable.

NIVEL E Intensidad cercana a capacidad, detenciones frecuentes.

NIVEL F Vía congestionada. Indicativo de que la demanda sobrepasa la capacidad en algún tramo.

Características de cada nivel de servicio.

Nivel de servicio A: Es la operación con demoras muy bajas, menores de 5 segundos por vehículo.

La mayoría de los vehículos llegan durante la fase verde y no se detienen del todo.

Longitudes de ciclo corto pueden contribuir a demoras mínimas.

- Factor de carga 0.0.
- Definición circulación/demora: Fluida

Nivel de servicio B: Es la operación con demoras que van de 5.1 a 15 segundos por vehículo.

Algunos vehículos comienzan a detenerse.

- Factor de carga 0.1.
- Definición circulación/demora: Estable/Ligera.

Nivel de servicio C: Es la operación con demoras que van desde 15.1 a 25.0 segundos por vehículo.

La progresión del tránsito es regular y algunos ciclos empiezan a aglomerarse.

- Factor de carga 0.3.
- Definición circulación/demora: Estable/aceptable.

Nivel de servicio D: Es la operación con demoras entre 25.1 y 40.0 segundos por vehículo.

Las demoras pueden deberse a la mala progresión del tránsito o llegadas en la fase roja, longitudes de ciclo amplias o relaciones de (v/c) muy altas.

Muchos vehículos se detienen y se hacen más notables los ciclos malogrados

- Factor de carga 0.7.
- Definición circulación / Demora: Preinestable /tolerable.

Nivel de servicio E: Es la operación con demoras que van de 40.1 a 60.0 segundos por vehículo(s/veh). Las demoras son causadas por progresiones pobres, ciclos muy largos y relaciones (v/c) altas.

- Factor de carga 1.00.
- Definición circulación/demora: Inestable, congestionada /intolerable.

Nivel de servicio F: Es la operación con demoras superiores a los 60 segundos por vehículo.

Los flujos de llegada exceden la capacidad de la intersección, lo que ocasiona congestionamiento y operación saturada.

Definición circulación/demora: Forzada, congestión total. [10]

2.1.6.8 Análisis de tránsito.

Los estudios sobre volumen de tránsito son realizados con el propósito de obtener información relacionada con el movimiento de vehículos sobre puntos o secciones específicas dentro de un sistema vial. Dichos datos de volúmenes de tránsito son expresados con respecto al tiempo, y de su conocimiento se hace posible el desarrollo de estimaciones razonables de la calidad del servicio prestado a los usuarios.

2.1.6.9 Análisis del tráfico urbano

El análisis del tráfico comprende, el conteo de vehículos, peatones y transporte público, los mismos que entregan los siguientes datos.

- Volumen
- Tasa de Flujo
- Demanda
- Capacidad

Estos cuatro parámetros están relacionados estrechamente, sin embargo cada uno representa un distinto factor.

El volumen expresa el número de vehículos o peatones que circulan por un punto en un determinado intervalo de tiempo.

La tasa de flujo es la frecuencia a la cual pasan personas o vehículos, durante un tiempo específico menor a una hora, expresada como una tasa horaria equivalente.

La demanda es el número de vehículos o personas que desean movilizarse y pasan por un punto en un tiempo específico. Donde existe congestión la demanda es superior al volumen.

La capacidad es el número máximo de vehículos o peatones que el sistema puede servir durante un tiempo específico, en un punto determinado. Es una característica del sistema vial y representa su oferta. La capacidad tiene dos formas de medirse, una es la estimada, o proyectada, y que se tendrá en un proyecto nuevo, en el que aún no ha sido usado el sistema en su máxima capacidad, y la capacidad real existente en una determinada vía, que es el valor exacto cuando el sistema está trabajando al límite.

La dinámica de tráfico define la cantidad de vehículos o peatones que esperan ser servidos (demanda).

Análisis de tránsito

2.1.6.9.1 Parámetros de tráfico urbano

Intensidad o tránsito horario (q): Es el número total de vehículos que pasan durante una hora ($T=1$ hora). Se mide en unidades de vehículos por hora (veh/h)

Tránsito semanal: Es el número total de vehículos que pasan durante una semana, en este caso $T = 1$ semana.

Tránsito mensual: Es el número total de vehículos que pasan durante un mes, en este caso $T = 1$ mes.

Tránsito anual: Es el número total de vehículos que pasan durante un año, en este caso $T = 1$ año.

2.1.6.9.2 Volumen De Tránsito Horario

Volumen Horario Máximo Anual ($Vhma$): Es el máximo volumen de horario que ocurre en un punto o sección de un carril o de una calzada durante un año determinado. En otras palabras, es la hora de mayor volumen de las 8760 horas del año. Para el presente informe, se toman en cuenta los datos más representativos que se han obtenido en los días de muestreo.

Volumen Horario De Máxima Demanda ($Vhmd$): Es el máximo número de vehículos que pasan por un punto o sección de un carril o de una calzada durante 60 minutos

consecutivos. Es el representativo de los periodos de máxima demanda que se pueden presentar durante un día en particular.

2.1.6.9.3 Factor De La Hora De Máxima Demanda(FHMD)

Expresa la relación del volumen de la hora de máxima demanda, con la tasa de volumen máxima dentro de la hora pico. Su mayor valor es la unidad (FHMD=1) lo que significa que hay una distribución uniforme durante la hora. Valores menores a la unidad indican concentraciones de flujo máximos en periodos cortos dentro de la hora.

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

2.1.6.9.4 Velocidad (Km/H)

Se define como la distancia recorrida por un vehículo por unidad de tiempo, y se expresa en kilómetros por hora; para caracterizar el tráfico, se usa como valor representativo la velocidad media, que se obtiene al promediar las velocidades individuales de cada vehículo.

La velocidad media de recorrido se calcula tomando una porción de la vía y dividiéndola entre el tiempo medio que tardan los vehículos en recorrerla, en este cálculo están incluidas las demoras del tráfico por detenciones completas o congestión de este.

Si se tiene en cuenta el tiempo en el cual el vehículo está en movimiento el resultado de velocidad seria la velocidad media de movimiento. [9].

2.1.6.9.5 Densidad (K)

La densidad se define como el número de vehículos que ocupan un segmento de longitud específico de una vía de tal manera que esta densidad está dada en vehículos por kilómetro, este valor depende del segmento considerado y del tiempo en el que se realizó la medición.

Se expresa en unidades de vehículos por kilómetro (veh/km).

La densidad puede ser medida mediante un mecanismo que permita contar los vehículos en un tramo de la vía deseado, en un instante de tiempo. Teóricamente se puede llegar al mismo resultado, aplicando la ecuación fundamental del tráfico:

$$k = \text{densidad}(\text{veh/km}) = \frac{\text{intensidad}(\text{veh/h})}{\text{velocidad}(\text{km/h})}$$

[9].

2.1.6.9.6 Tiempo Máximo y Tiempo Mínimo Por Luz Verde.

Calculo de la longitud de los intervalos de cambio de fase

$$y = \left(t + \frac{v}{2a} \right) + \left(\frac{W + L}{v} \right)$$

$\left(t + \frac{v}{2a} \right)$ = Tiempo necesario para recorrer la distancia de parada.

$\left(\frac{W+L}{v} \right)$ = Tiempo necesario para cruzar la intersección.

y=intervalo de cambio de fase amarillo más todo rojo(s)

t=tiempo de percepción-reacción del conductor (usualmente 1s)

v=velocidad de aproximación de los vehículos (m/s).

a=Tasa de deceleración (valor usual 3.05m/s²).

W=Ancho de la intersección (m).

L=longitud del vehículo (valor sugerido 6.10m).

V= Velocidad de aproximación, se refiere a la velocidad límite prevaleciente o al percentil 85 de la velocidad.

$$v = 40(\text{km/h}) \times \left(\frac{1000\text{m}}{1\text{km}} \right) \times \left(\frac{1\text{h}}{3600\text{s}} \right) = 11,11 \text{ m/s}$$

Tiempo perdido por fase

$$Li = A = 3$$

F. V. Webster, demostró que la demora mínima de todos los vehículos en una intersección con semáforo se puede obtener para una longitud de ciclo óptimo de:

$$C_o = \frac{1,5L + 5}{1 - \sum_{i=1}^{\phi} \beta_i}$$

Dónde:

$C_o = \text{Tiempo óptimo de ciclo (s)}$

$L = \text{Tiempo total perdido por ciclo (s)}$

$\beta_i = \text{Máximo valor de la relación entre el flujo actual y el flujo de saturación para el acceso o movimiento o carril crítico de la fase i. este valor depende del flujo vehicular en cada acceso i.}$

$\phi = \text{Número de fases del semáforo.}$

Tiempo verde real

$$g_T = C - L$$

Tiempo verde efectivo

$$g_i = \frac{\beta_i}{\sum_{i=1}^{\phi} \beta_i} \times g_T$$

Tiempo verde real

$$G_i = g_i + l_i - A_i$$

2.1.6.9.7 Espaciamiento promedio (S)

Es el espacio para carril expresado en metros por vehículo (m/veh).

$$S = \frac{1}{k} [\text{m/veh}]$$

2.1.6.9.8 Intervalo promedio (h)

Expresado en segundos por vehículo (s/veh).

$$h = \frac{1}{q} \left[\frac{s}{veh} \right]$$

2.1.6.9.9 Flujo de Saturación (S)

Es la tasa máxima de descarga de un flujo de tráfico a la cual los vehículos pasan la señal durante el tiempo verde efectivo, consiguientemente

$$Q = A.S$$

Los valores usados generalmente para carriles de 3 a 5.5m se presentan en la tabla 5.

Tabla 5**Valores del flujo de saturación [11].**

Ancho del carril (m)	S (p.c.u)
3.0	1850
3.5	1875
4.0	1975
4.5	2175
5.0	2550
5.5	2900

Resultado con información de campo (Fuente: Elaboración propia)

2.1.6 Sensores

2.1.6.1 Sensores infrarrojos.

Son sistemas para colocar elevados sobre la calzada (a distancias entre 5 m y 12 m) para determinación e identificación vehicular.

Las principales tecnologías son: Láser infrarrojo activo, detector infrarrojo pasivo, radar a hiperfrecuencia, radar a efecto doppler, detector ultrasónico, detector de imagen para generación de lazos inductivos virtuales, detectores de video de uso general y para aplicaciones especiales, etc.

Estos sistemas son preferentemente de uso urbano, y permiten determinar sin necesidad de ranurar las calzadas magnitudes tales como número de vehículos (aforos), velocidades medias o de cada vehículo, clasificación en función de la longitud o altura del vehículo, determinar las dimensiones (alto, largo, ancho) de los vehículos en circulación, capturar el número de la placa. Se puede combinar la detección de unas magnitudes con otros: se puede por ejemplo capturar el número de placa del vehículo que pasa un semáforo en rojo, o que excede la

velocidad límite, o que tiene una determinada dimensión (como camiones o trailers que circulan por vías no autorizadas). [12]

2.1.6.2 Sensor láser Infra-rojo Activo compacto

Controlador del tráfico en un pare.



Figura 9 Controlador del tráfico en un pare.

Controlando el tráfico en un cruce. [13].



Figura 10 Controlando el tráfico en un cruce

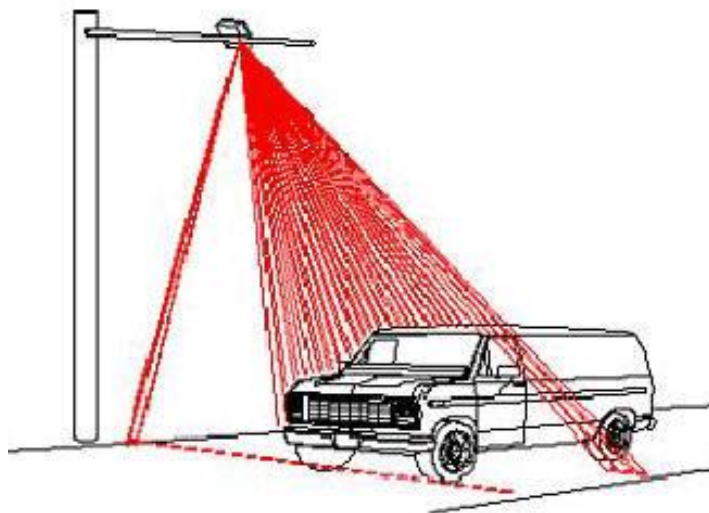


Figura 11 Esquema de funcionamiento del sensor láser infrarrojo Activo [14]

Instalación de sensor láser sobre un puente peatonal. [14]



Figura 12 Instalación de sensor laser sobre un puente peatonal [14]

2.1.6.3 **Sensor láser infra-rojo activo**, para detección de presencia y determinación de las dimensiones y de la velocidad de los vehículos en circulación en dos carriles simultáneos

Este tipo de sensor ha sido diseñado para ser montado elevado sobre la calzada para proporcionar información a peajes y agencias de gestión del tránsito sobre detección de vehículos, separación, velocidad y clasificación para dos carriles de circulación simultáneamente.

Complementariamente el sensor puede ser configurado para disparar cámaras fotográficas de vigilancia. El sensor opera emitiendo dos haces de rayos láser que escanean la calzada y los vehículos que pasan sobre ella en ese momento. El sensor es suficientemente sensible para detectar motocicletas y barras de remolques. La clasificación se determina por las características dimensionales del vehículo, no por su número de ejes.

El sensor puede trabajar en flujo libre, para monitorizar dos carriles de circulación simultáneamente. Proporciona información sobre la clasificación del vehículo, solo o con otros detectores, para asegurar la correcta gestión de las estaciones de peaje.

Sensor laser infrarrojo para dos carriles

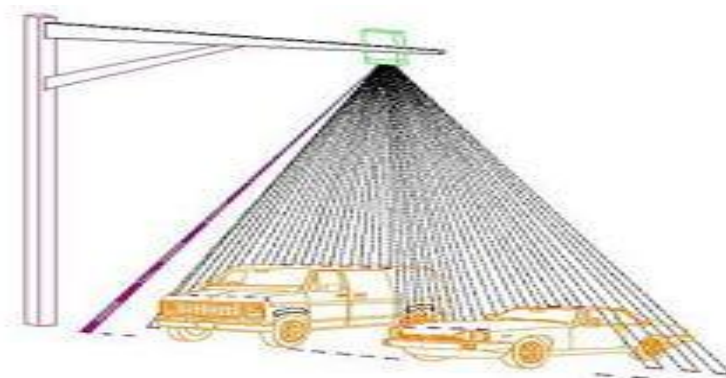


Figura 13 Esquema de funcionamiento del sensor láser infrarrojo doble carril



Figura 14 Pseudo-imagen obtenida por el sensor láser para doble carril [16]

2.1.6.4 Detector infrarrojo pasivo de vehículos “PIV”

Este radar utiliza el sistema de detección Infrarrojo pasivo multi-haz. Gracias a ésta tecnología, éste modelo asegura una detección omnidireccional con una localización precisa del objeto, como bicicletas, coches, autobuses, etc...El tiempo de retención se puede ajustar desde 1 a 20 seg. La forma de la zona de detección y su tamaño se pueden escoger según objeto a detectar y aplicación.

Aplicaciones:

- Control de los semáforos en el lugar mismo.
- Detección para “Giro a izquierda”.
- Detección de bicicletas en zona urbana.
- Mando de apertura de puertas y de accesos.

Propiedades:

- Detección infrarroja multi-haz
- Definición precisa de la zona de detección.
- Conector estanco IP 68.
- Ajustes en cara frontal sin desmontar

Modo presencia /ausencia

- Según la aplicación, se puede regular la detección (salida) para una presencia o una ausencia de vehículo en la zona vigilada.

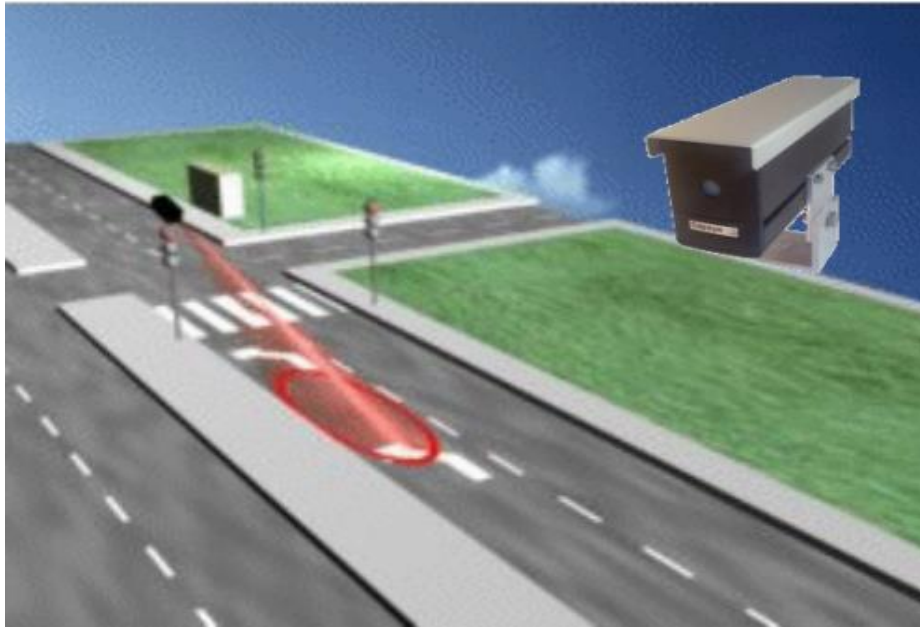


figura 15 Esquema de funcionamiento del sensor láser infrarrojo (barridos de 30° mediante 2 haces [17]

2.1.6.5 Detector infrarrojo pasivo de peatones “PIC”

Este modelo de detector infrarrojo detecta el peatón durante su travesía en el paso protegido.

El principio de detección, por el método Infrarrojo pasivo Multi-Facetado, asegura una definición precisa de la zona de detección y una gestión completa del paso protegido, indicando continuamente la presencia o ausencia de peatones. Los parámetros pueden regularse sobre el terreno, gracias a sus ajustes por la cara frontal, sin necesidad de desmontajes en el aparato.

Aplicaciones:

- Verificación de presencia en paso protegido.
- Mantenimiento del semáforo de peatones.
- Liberación del paso protegido.

Propiedades:

- Detección infrarroja multi-haces.
- Definición precisa de la zona de detección.
- Conector estanco IP 68.
- Ajustes por cara frontal, sin desmontajes.
- Detección dinámica, con infrarrojo lejano (8 – 14 μm).
- Filtros de tratamiento de señal mediante procesador.

Zona de detección

- La zona protegida por el sistema es de 4 x 3 m (imagen de un paso protegido) en el posicionado recomendado.

Modo presencia / ausencia

- Un ajuste en el detector permite indicar la presencia o la ausencia de peatones en el paso protegido.

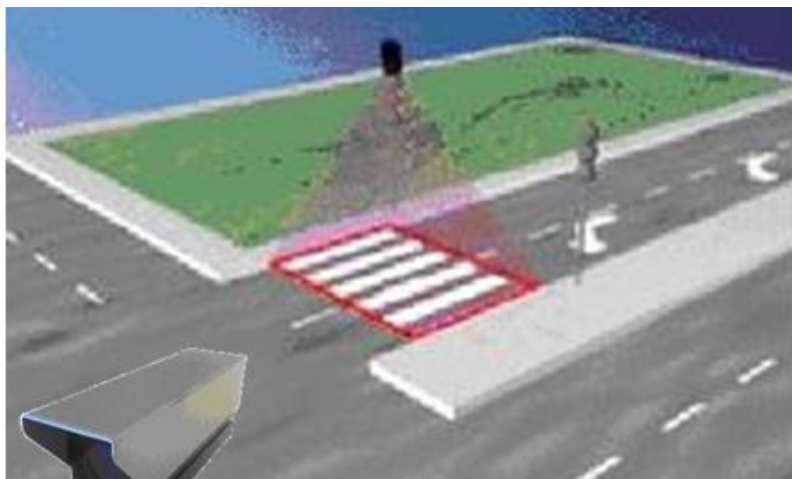


figura 16 Sistema PIC para detectar presencia de peatones [17]

2.1.7 Medios de transmisión

Generalidades

La comunicación es la transferencia de información de un lugar a otro, mientras que la información es un patrón físico al cual se le ha asignado un significado comúnmente acordado. El patrón debe ser único separado y distinto, capaz de ser enviado por un transmisor y de ser detectado y entendido por un receptor. Así, la información es transmitida a través de señales eléctricas, electromagnéticas u ópticas utilizando un canal de comunicación o medio de transmisión.

Un medio es por el cual transmitimos información en forma de señales, por este ellas se desplazarán desde un host emisor a un host de destino, siendo el medio el puente necesario para esto.

El medio puede ser de diferente naturaleza, y la red resultante se clasificará de acuerdo con él. La elección del medio de transmisión apropiado para la red depende de requerimientos de:

- Seguridad.
- Velocidad.
- Transmisión.
- Atenuación.
- Características de los dispositivos o equipos a conectar.
- Inmunidad al ruido.

El medio de transmisión es el enlace o canal entre el transmisor y el receptor, y sirve de puente de unión entre la fuente y el destino.

Este medio de comunicación puede ser un par de alambres, un cable coaxial, un haz luminoso, el espacio radioeléctrico. Todos los medios de transmisión se caracterizan por su atenuación, el ruido, la interferencia, el desvanecimiento y otros elementos que impiden que la señal se propague libremente por el medio; son factores que hay que contrarrestar al momento de transmitir cualquier información al canal. [18].

2.1.8 Modos de transmisión

Las técnicas fundamentales que permiten la transmisión son: Transmisión de banda base (baseband) y Transmisión en banda ancha (broadband).

- La Transmisión de banda base consiste en entregar al medio de transmisión la señal de datos directamente, sin que intervenga ningún proceso entre la generación de la señal y su entrega a la línea.
- La transmisión de banda ancha consiste en modular la señal de banda base para ser transmitido por el medio alámbrico o inalámbrico, la utilización del ancho de banda del medio de transmisión, se divide en canales de anchura adecuada y, usando técnicas de Multiplexación se inserta en cada uno de ellos una señal distinta. [19].

2.1.9 Sistemas de control de tráfico

En los sistemas de control de tráfico, se pueden distinguir dos niveles funcionales: el primer nivel que es el que provee la plataforma tecnológica base y funcionalidad base de captura, visualización, supervisión y procesamiento de la información de tráfico, que en el caso urbano se llama sistemas UTCS (UrbanTraffic Control Systems); y el segundo nivel, que es el que realiza el control (Ver Figura 17).

El primer nivel está constituido por hardware y software; los que se alimentan de información proveniente del sistema de recolección de datos. El segundo nivel es esencialmente software en el que se encuentran programados los algoritmos de control. Para el caso urbano los

algoritmos de control conocidos son: control de intersecciones por planes de tiempo fijo, control de intersecciones por semi-actuación o actuación total, control dinámico de las intersecciones por medio de SCOOT o SCAT.

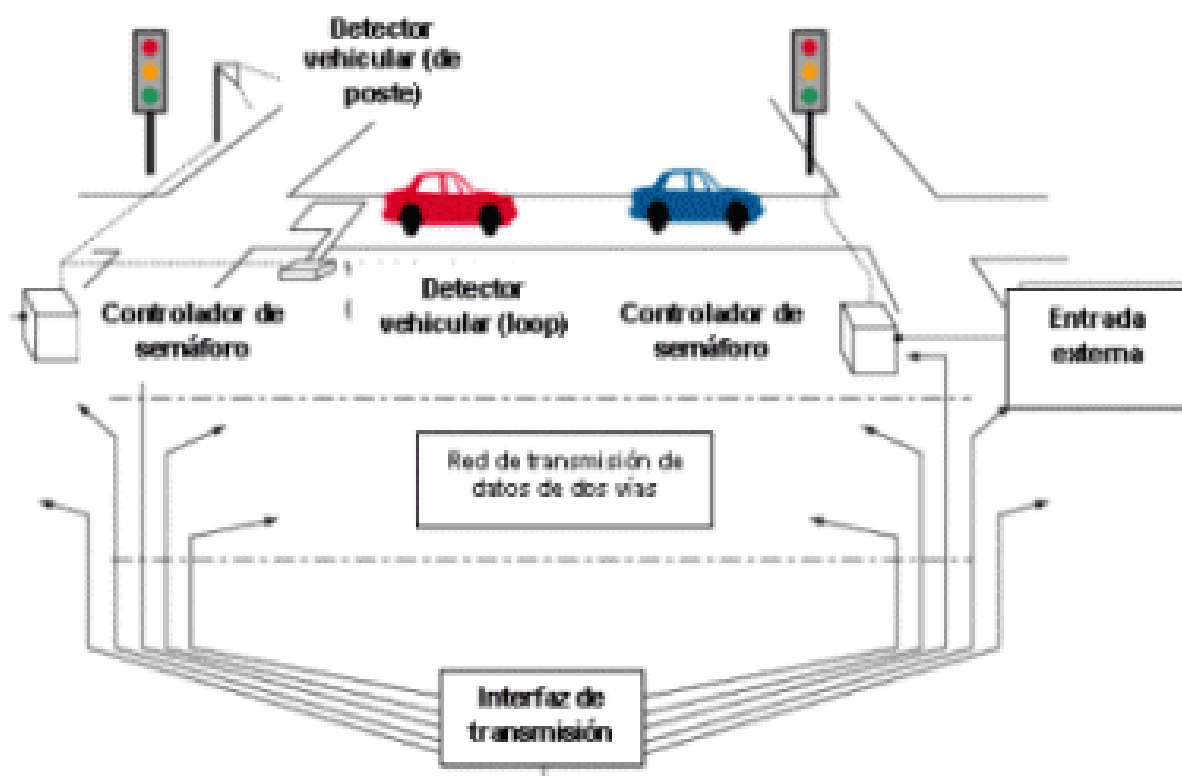


figura 17 Diagrama esquemático de un sistema de control de tráfico

2.2 Marco Normativo.

Descripción de la Institución Orgánica Encargada

La Ley N° 27783, Ley Orgánica de Bases de la Descentralización y la Ley N° 27972, Ley Orgánica de Municipalidades, establecen, para las municipalidades provinciales y distritales competencias y funciones exclusivas y compartidas bajo un mismo propósito de aunar esfuerzos en los objetivos de lograr un desarrollo local – provincial – regional concertado, armónico e integral. (Se transcriben los artículos que tienen injerencia en la tesis).

CAPÍTULO I

De La Naturaleza Jurídica, Jurisdicción, Organización, Autonomía, Funciones Generales Y Base Legal.

Artículo 3°. Naturaleza Jurídica

La Municipalidad Provincial de Chiclayo, es el órgano de Gobierno Local Provincial, con personería jurídica de derecho público, con autonomía política, económica y administrativa de los asuntos de su competencia.

De conformidad con el Capítulo XIV de la Ley de Bases de la Descentralización de la Constitución Política del Perú (reformado por la ley N°27680); Art. 40° de Ley Orgánica de Bases de la Descentralización N° 27783 y la Ley N° 27972, Ley Orgánica de las Municipalidades.

La Municipalidad Provincial de Chiclayo es un órgano de Gobierno Local que tiene personería de Derecho público, con las atribuciones, competencias

Y Funciones Que La Ley Le confiere; le son aplicables, las leyes y disposiciones que de manera general y de conformidad con la Constitución, regulan las actividades del Sector Público Nacional.

Sus órganos de gobierno son: La Alcaldía y el Concejo Municipal, conformados por él, Alcalde y quince(15) Regidores elegidos por la voluntad popular conforme a la Ley de Elecciones Municipales.

Artículo4°.-Jurisdicción

La Municipalidad Provincial de Chiclayo tiene como jurisdicción el territorio de la Provincia de Chiclayo y sobre el Distrito del mismo nombre, promueve su desarrollo y es el canal inmediato de Participación Vecinal en los asuntos públicos. Su sede es la ciudad de Chiclayo, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque.

Artículo 7°.- Base Legal

Su elaboración de su Reglamento de Organización y Funciones está sujeta a la normatividad siguiente:

1. Constitución Política del Estado (Artículos 194°, 195°, numeral 1).
2. Ley N° 17972 Art. 4°, 7°, 8, 9°, 27°, 28°.
3. Ley N° 27783, Ley de Bases de la Descentralización.
4. Ley N° 28411 Ley General del Sistema Nacional de Presupuesto.
5. Edicto Municipal N°001-A-GPCH-2003 del 13-05-2003, aprueba creación del SATCH.
6. Decreto Supremo N° 043-2006-PCM, Lineamientos para la elaboración y aprobación del Reglamento de Organización y Funciones por parte de las Entidades de la Administración Pública.
7. Ley N° 27658, Ley Marco de Modernización de la Gestión del Estado y Reglamento aprobado D.S. N° 030-2003-PCM.

Artículo 8°.- Funciones Generales

La Municipalidad Provincial de Chiclayo tiene competencia y ejerce las funciones y atribuciones señaladas por la Constitución Política del Perú, la Ley Orgánica de Municipalidades, y otras disposiciones legales vigentes como son:

Normar, administrar, organizar, ejecutar y fiscalizar las actividades en materia de:

1. Organización del espacio físico y uso del suelo.
2. Saneamiento, salubridad y salud.
- 3. Tránsito, vialidad y transporte público.**
4. Educación, cultura, deporte y recreación.
5. Abastecimiento y comercialización de productos y servicios.
6. Programas sociales, defensa y promoción de derechos ciudadanos.

7. Seguridad ciudadana.
8. Promoción del Desarrollo Economico Local.
9. Promover programas y convenios de cooperación internacional para la implementación de programas de erradicación del consumo ilegal de drogas.
10. Coordinar con los diversos niveles del Gobierno Nacional, Regional y Sectorial, la correcta aplicación de los instrumentos de planeamiento y de gestion ambiental.
11. Establecer, conservar y administrar los parques zonales, parques zoologicos, jardines botanicos, bosques naturales, en forma directa o a través de concesiones.
12. Llevar los registros civiles en mérito al convenio suscrito con el Registro Nacional de Indentificacion y Estado Civil-RENIEC conforme a Ley.
13. Otros servicios públicos.

08.- Órganos de Línea

08.1.- Gerencia de Desarrollo Urbano

08.1.1.- Sub Gerencia de Planificación Territorial y Catastro

08.1.2.- Sub Gerencia de Obras Privadas y Control Urbano

08.2.- Gerencia de Infraestructura Pública

08.2.1.- Sub Gerencia de Estudios y Proyectos

08.2.2.- Sub Gerencia de Obras Públicas y Convenios

08.3.- Gerencia de Desarrollo Social

08.3.1.- Sub Gerencia de Programas Sociales

08.3.2.- Sub Gerencia de Educación, Cultura y Deportes.

08.3.3.- Sub Gerencia de Turismo.

08.3.4.- Sub Gerencia de Participación Vecinal

08.3.5.- Sub Gerencia de Registro Civil.

08.4.- Gerencia de Desarrollo Vial y Transporte

08.4.1.- Sub Gerencia de Desarrollo Vial y Tránsito

08.4.2.- Sub Gerencia de Transporte

08.5.- Gerencia del Ambiente y Desarrollo Económico

08.5.1.- Sub Gerencia de Gestión de Residuos Sólidos

08.5.2.- Sub Gerencia de Mecánica y Mantenimiento

08.5.3.- Sub Gerencia de Desarrollo Económico Local

08.5.4.- Sub Gerencia de Sanidad

08.5.5.- Sub Gerencia del Ambiente y Ecología

08.6.- Gerencia de Seguridad Ciudadana y Fiscalización

08.6.1.- Sub Gerencia de Fiscalización.

08.6.2.- Sub Gerencia de Defensa Civil.

Gerencia de Desarrollo Vial y Transporte

-Sub Gerencia de Desarrollo Vial y Tránsito

-Sub Gerencia de Transporte.

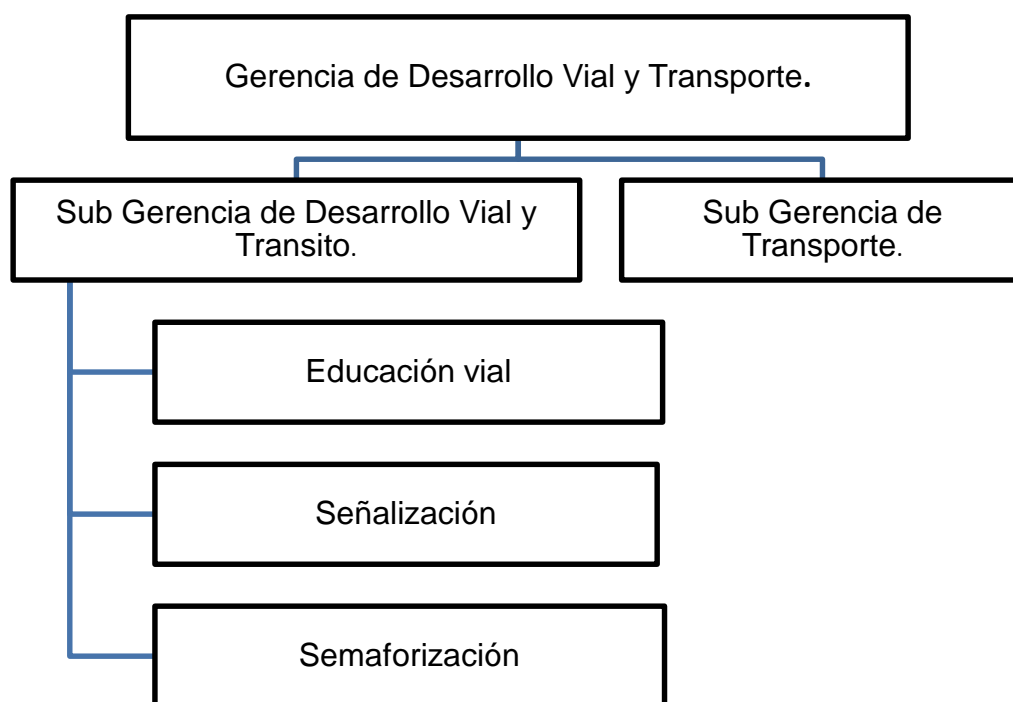


figura 18 Organigrama de la Gerencia de Desarrollo Vial y de Transporte.

Capítulo III: Planteamiento Metodológico

3 Planteamiento Metodológico

La ciudad de Chiclayo es una de las ciudades más importantes del norte del País, cuenta en la actualidad con un parque automotor que supera las 220000 unidades vehiculares [20] y una población, proyectada para el 2014, de 843 445 habitantes. [21].

El gran desarrollo que ha tenido esta zona del país, así como su acelerado crecimiento demográfico, ha originado que la infraestructura vial existente no sea suficiente para atender la gran demanda, razón por la cual se originan en la actualidad serios problemas en la circulación, que se reflejan principalmente en congestionamientos y accidentes. Esto repercute directamente en altos tiempos de viajes, en mayores costos de operación de los vehículos, en mayor contaminación atmosférica, en altos niveles de ruido y en baja seguridad de la población en general.

La tarea de control de tráfico vehicular ya sea en el caso urbano e interurbano, constituye una de las actividades principales para el ordenamiento del tráfico con diversas finalidades que benefician a los residentes de grandes comunidades. La implementación de los sistemas de control comienza a ser utilizados, principalmente, como medida preventiva en la producción de accidentes viales, empleando los sistemas de control como elementos de tráfico de un caudal, capaz de condicionar de la mejor manera posible “coaccionada” sobre sus usuarios a fin de evitar que estos sean protagonistas de un accidente.

Dentro del campo de control de tránsito urbano, la creación de un Sistema capaz de realizar una distribución óptima, de las fases de los semáforos que gobiernan el tráfico de una Red Vial, ha sido tema de investigación desde la década del 60 del siglo pasado, constituyendo además este tópico, una de las tareas principales de estudio dentro de lo que se conoce, “Ingeniería de Tráfico”.

Si bien es cierto que existe en la actualidad sofisticados diseños de sistemas de control de tráfico a los que se recurren para la solución del problema planteado, como lo es la utilización de redes neuronales, existen dos cuestiones fundamentalmente a tener en cuenta al momento del diseño de un Sistema de control adaptativo.

La primera de ellas tiene que ver con una realidad física, teniendo en cuenta que las redes viales, cuales quiera sea su diseño y/o constitución soportan un flujo vehicular máximo y una densidad máxima definida por sus dimensiones, cantidades de carril y condiciones del tráfico. En este último aspecto quedan incluidos los tipos de virajes, sentidos de circulación, las paradas restringidas, estacionamientos, etc. Es decir, todas aquellas pautas o normativas aplicadas que definen fundamentalmente el sentido y tipo de las direcciones de flujo. Esto quiere decir que por óptimo que resulte el sistema, no es posible mejorar el rendimiento del flujo vehicular más allá de las limitaciones físicas impuestas por el diseño de la vía y sus normativas de circulación, salvo que estas se modifiquen.

El segundo aspecto que considerar al momento de realizar un diseño de control del tráfico está vinculado con la naturaleza del fenómeno vehicular. Este lejos está de poder ser enfocado desde la perspectiva de un modelo determinista y a pesar de que algunos investigadores han intentado modelarlo, siempre tuvieron presentes las limitaciones de los modelos que explican la conducta vehicular y el grado de utilidad de estos modelos. Y todo esto porque siempre está presente el factor humano. El cual presenta siempre un alto grado de incertidumbre; Luego podemos decir que existe un tercer factor a tener en cuenta en función a los dos anteriores, el cual está relacionado con el costo de inversión y la disponibilidad de recursos económicos por parte de las autoridades oficiales responsables de la implementación del sistema.

3.1 Metodología

El método constituye el camino más idóneo y accesible para llegar al descubrimiento de conocimientos objetivos seguros y confiables, que permitirán abordar la problemática de las contravenciones de tránsito en la ciudad de Chiclayo.

La metodología constituye el procedimiento por el cual se llega a obtener la verdad de la investigación, el conocimiento científico; este procedimiento es relativo según el momento que se viva e incluso según la naturaleza del conocimiento que se trata de obtener según la propuesta.

Para resolver el problema en las intersecciones, haremos uso de la metodología descriptiva aplicativa para planificar, diseñar y controlar áreas semaforizada según como lo establece la ingeniería de tránsito, en la cual existen diversos métodos empíricos. De ellos, el principal método es el Manual de Capacidad de Carreteras HCM (del inglés: HighwayCapacity Manual).[22]

Considerando el *HCM 85*:

Módulo de entrada:

- a. Condiciones geométricas.
- b. Condiciones del Tránsito.
- c. Condiciones de los semáforos.

Módulo de ajuste de volúmenes:

- a. Factor de la hora de máxima demanda.
- b. Establecimiento de grupo de carriles.
- c. Asignación de volúmenes a grupos de carriles.

Módulo de Flujo de Saturación:

- a. Flujo de saturación ideal.
- b. Ajustes.

Módulo de análisis de Capacidad:

- a. Cálculo de las capacidades por grupos de carriles.
- b. Cálculo de la relación volumen a capacidad por un nivel de servicio (v/c) por grupos de carriles.
- c. Resultados agregados.

Módulo de Nivel de Servicio:

- a. Cálculo de demoras por grupos de carriles.
- b. Demoras agregadas.
- c. Determinación del Nivel de Servicio.

Esta metodología resulta ser la forma más conveniente para optimizar una intersección controlada cuando no se cuenta con programas de simulación, ya que utiliza métodos simples de operación del tráfico, que a su vez también permiten la evaluación de los proyectos de semaforización, pudiéndose establecer la bondad económica de los mismos.

En la ingeniería de Tránsito, los proyectos de transporte se pueden dividir en dos grandes grupos:

- a) Los proyectos que se relacionan con la operación misma del servicio prestado, y
- b) Los proyectos de vialidad, que son los que están relacionados primordialmente con la infraestructura vial y su correspondiente ampliación y mejoramiento.

En la presente investigación se considerará lo correspondientes a los proyectos de la operación del sistema de semaforización, que está considerado en la identificación del problema.

3.2 Fuentes De Información**3.2.1 Fuentes internas**

Las entidades endógenas que interactúan directamente con el sistema de semaforización en el damero de la ciudad de Chiclayo son:

Los Peatones, Los Vehículos, La Gerencia de Tránsito y Transporte, la Policía Nacional del Perú

3.2.2 Fuentes Externas

Las entidades exógenas que alimentarán el sistema de semaforización en el damero de la ciudad de Chiclayo son:

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones, las Políticas del Estado, las Políticas del Gobierno Provincial de Chiclayo, los Hospitales locales, los centros Educativos, las entidades Financieras y Bancarias, Supermercados, etc.

3.3 Métodos De Recopilación De Información.

Es indispensable en el proceso de investigación científica, el método, por cuanto integra la estructura por medio de la cual se organiza la investigación. Existen dos métodos, a saber:

Documental: Permite la recopilación de la información para anunciar las teorías que sustentan el estudio de los fenómenos y procesos.

De campo: Permite la observación y el contacto directo con el objeto de estudio y el acopio de testimonios que permiten confrontar la teoría con la práctica.

Para el desarrollo de esta investigación se hizo uso de ambas en forma complementarias.

3.4 Elaboración Del Instrumento Para Recolección De Información.

Los instrumentos utilizados para recolectar la información fueron unas fichas elaboradas (ANEXO 2), para volcar en ellas las mediciones que se realizaron en forma visual y con cronómetros de la cantidad de vehículos (públicos y privados), tipos de vehículos, si son: autos, auto-colectivos, camionetas, camionetas rurales, microbuses, omnibuses), camiones, moto-taxis, motos, triciclos.

En las mediciones de la cantidad y tipo de vehículo se consideró los vehículos que circulaban en el sentido de norte a sur, este a oeste, de sur a norte, de oeste a este, considerando el

sentido de circulación, donde en una intersección cualquiera se medían los vehículos que seguían de frente, los que volteaban a la derecha, los que volteaban a la izquierda.

Tomando a consideración en el diseño del mismo las horas de mayor circulación, que previamente se habían definido en forma visual por el nivel de congestión que tenían las intersecciones dentro del área en estudio.

3.5 Materiales, Herramientas Y Equipos Utilizados

3.5.1 Materiales:

Se utilizó en la investigación los siguientes: Cámara fotográfica, papel, fichas para recolectar información, grapadora, perforadora; libros, revistas, periódicos, etc.

3.5.2 Herramientas

Se utilizó en la investigación los siguientes:

Computadora personal.

Cronometro.

Cámara fotográfica digital.

Grabadora de video.

Reglamentos.

Leyes.

Capitulo IV: Resultados Y Discusión

4. Análisis Situacional

4.1 Estudio del terreno urbano: Damero de Chiclayo

El área de Chiclayo es como se aprecia en el plano (ver ANEXO 4 Plano del área de Chiclayo).

La performance de una intersección existente, bajo las condiciones actuales, puede ser estimada por observación directa. Sin embargo existen algunas limitaciones:

Primero: Algunas magnitudes que son necesarias conocer son difíciles de observar con precisión, tal es el caso de las demoras, y las tasa de accidentes, esto último debido especialmente a su poca ocurrencia y a los largos periodos de tiempos involucrados.

Segundo: Las observaciones están limitadas a las condiciones actuales, por lo tanto ellas no pueden ser usadas para investigar las consecuencias de algún cambio, como son los incrementos de volúmenes de tráfico.

Tercero: Las observaciones están restringidas al diseño existente, y a los tiempos usados, o a lo más, a pequeñas variaciones de ellos.

Por todo ello, en la práctica, la observación directa no es usada en la mayor parte del proceso de diseño. Pero si es empleada en la validación y afinamiento de un diseño ya implementado.

Teniendo en cuenta estas recomendaciones y limitantes de la ingeniería de tránsito, podemos decir que al evaluar la performance del sistema de semaforización actual de la ciudad de

Chiclayo, este es simplemente desastroso. Basta con tomar bajo análisis algunos de las principales calles del casco urbano de Chiclayo nos encontramos con que el sistema opera de acuerdo al modo de funcionamiento de tiempos prefijados, sin embargo, se debe acentuar también que en calles donde la demanda es mayor los tiempos de luz verde son menores o a lo más iguales. Este es el caso de la intersección de la avenidas Luis Gonzales tiene un flujo de vehículos de 17 vehículos por cada luz verde y el periodo verde es de 30 segundos.

A continuación se presenta una serie de cuadros correspondientes a las mediciones realizadas en las diferentes calles de la ciudad de Chiclayo.

4.2 Análisis De Tráfico Entre La Intersecciones De La Av. Francisco Bolognesi y Av. Luis Gonzales

Área De Estudio: El área de estudio es la intersección de las: Av. Luis Gonzales y Av. Francisco Bolognesi ubicadas en la ciudad de Chiclayo.

Las horas de mayor afluencia de vehículos se dieron en los siguientes turnos, en las que se recolectó los datos:

- Turno01: Desde las 7:30 a las 8:30 horas
- Turno02: Desde las 12:00 a las 13:00 horas
- Turno03: Desde las 18:30 a las 19:30 horas

En el mes de septiembre del 2016, del conjunto de medidas, se tomó las más representativas y que se repiten en mayor frecuencia.

4.3 Volumen De Tránsito Absoluto

Tabla 6:

Volumen transito absoluto en Intersección de Av. Francisco Bolognesi y Av. Luis Gonzales

Volumen De Transito					
Turno 01-Mañana					
Tránsito (sin domingos)		S -->N	N --->S	E --->O	O --->E
Transito horario 7:30 - 8:30 AM -día 1		1665	0	1051	801
Transito horario 7:30 - 8:30 AM --día 2		1783	0	1053	807
Transito horario 7:30 - 8:30 AM –día 3		1671	0	1069	801
Transito promedio en Hora Punta.		1706	0	1058	803
Transito semanal en Hora Punta.		10238	0	6346	4818
Transito mensual en Hora Punta.		44365	0	27499	20878
Transito anual en Hora Punta.		532376	0	329992	250536
Transito máximo en Hora Punta.		1783	0	1069	807

Datos obtenidos en desarrollo del flujo de tráfico (Fuente: Elaboración propia)

Tabla 7:

Volumen transito absoluto en la Intersección de Av. Francisco Bolognesi y Av. Luis Gonzales

Volumen De Transito				
Turno 02-Tarde				
Tránsito (Sin días Domingo)	S-->N	N-->S	E-->O	O-->E
Transito Horario				
12:00 – 13:00 – Dia 1	1495	0	1160	994
Transito Horario				
12:00 – 13:00 – Dia 2	1474	0	1141	947
Transito Horario				
12:00 – 13:00 – Dia 3	1514	0	1123	950
Transito Promedio				
En Hora Punta	1494	0	1141	964
Transito Semanal				
En Hora Punta	8966	0	6848	5782
Transito Mensual				
En Hora Punta	38853	0	29675	25055
Transito Anual				
En Hora Punta	466232	0	356096	300664
Transito Máximo				
En Hora Punta	1514	0	1160	994

Datos obtenidos en desarrollo del flujo de tráfico (Fuente: Elaboración propia)

Tabla 8:

Volumen transito absoluto en la Intersección de Av. Francisco Bolognesi y Av. Luis Gonzales

Volumen De Transito				
Turno 03-Noche				
Tránsito (Sin Días Domingos)	S-->N	N-->S	E-->O	O-->E
Transito Horario 12:00 - 13:00 - Dia 01	1631	0	1187	1009
Transito Horario 12:00 - 13:00 - Dia 02	1665	0	1175	1066
Transito Horario 12:00 - 13:00 - Dia 03	1540	0	1130	1138
Transito Promedio En Hora Punta	1612	0	1164	1071
Transito Semanal En Hora Punta	9672	0	6984	6426
Transito Mensual En Hora Punta	41912	0	30264	27846
Transito Anual En Hora Punta	502944	0	363168	334152
Transito Máximo En Hora Punta	1665	0	1187	1138

Datos obtenidos en desarrollo del flujo de tráfico (Fuente: Elaboración propia)

4.3.1 Volumen Horario De Máxima Demanda (VHMD) y

Volumen Horario Máximo Anual (VHMA)

A. De Sur A Norte

Tabla 9

Volumen hora punta en intersección de la Av. Francisco Bolognesi y Av. Luis Gonzales de sur a norte- VHMD

	DIA 01	DIA 02	DIA 03
HORA PUNTA 01(mañana)	1665	1783	1671
HORA PUNTA02(tarde)	1495	1474	1514
HORA PUNTA 03(noche)	1631	1665	1540
VHMD	1665	1783	1671

Datos obtenidos en desarrollo del flujo de tráfico (Fuente: Elaboración propia)

Tabla 10

Volumen horario máximo anual (VHMA)

VHMA	1783
------	------

B. De Este a Oeste

Tabla 11

Volumen hora punta en intersección de Av. Francisco Bolognesi y Av. Luis Gonzales de este a oeste-VHMD

	DIA 01 (veh.)	DIA 02 (veh.)	DIA 03 (veh.)
HORA PUNTA 01(mañana)	1051	1053	1069
HORA PUNTA 02(tarde)	1160	1141	1123
HORA PUNTA 03(noche)	1187	1175	1130
VHMD	1187	1175	1130

Datos obtenidos en desarrollo del flujo de tráfico (Fuente: Elaboración propia)

Tabla 12

Volumen horario máximo anual (VHMA)

VHMA	1187
-------------	-------------

C. De Oeste A Este

Tabla 13:

Volumen hora punta en intersección de la Av. Francisco Bolognesi y Av. Luis Gonzales de oeste a este - **VHMD**

	DIA 01 (veh.)	DIA 02 (veh.)	DIA 03 (veh.)
HORA PUNTA 01(mañana)	801	807	805
HORA PUNTA 02(tarde)	994	947	950
HORA PUNTA 03(noche)	1009	1066	1138
VHMD	1009	1066	1138

Datos obtenidos en desarrollo del flujo de tráfico (Fuente: Elaboración propia)

Tabla 14:

Volumen horario máximo anual (**VHMA**)

VHMA	1138
-------------	-------------

4.3.2 Factor De La Hora De Máxima Demanda (FHMD)

A. De Sur A Norte

Tabla 15:

Factor de la hora máxima demanda en intersección de Av. Francisco Bolognesi y Av. Luis Gonzales de **sur a norte**.

	DIA 01	DIA02	DIA 03
	(veh.)	(veh.)	(veh.)
q máx.	451	475	431
FHMD	0.922949	0.938421	0.969258

Datos obtenidos en desarrollo del flujo de tráfico (Fuente: Elaboración propia)

Se observa que el flujo durante la hora es casi uniforme.

B. De Este A Oeste

Tabla 16:

Factor hora máxima demanda en la intersección de Av. Francisco Bolognesi y Av. Luis Gonzales de este a oeste.

	DIA 01	DIA 02	DIA 03
q máx.	286	300	319
FHMD	1.037587	0.979167	0.88558

Datos obtenidos en desarrollo del flujo de tráfico (Fuente: Elaboración propia)

Se observa que el flujo durante la hora es casi uniforme.

C. De Oeste A Este

Tabla 17

Factor hora máxima demanda en la intersección de Av. Francisco Bolognesi y Av. Luis Gonzales de oeste a este.

	DIA 01	DIA 02	DIA 03
q max	286	271	297
FHMD	0.881993	0.983395	0.957912

Datos obtenidos en desarrollo del flujo de tráfico (Fuente: Elaboración propia)

Se observa que el flujo durante la hora es casi uniforme.

4.3.3 Capacidad Vial

Tabla 18

Capacidad vial en la intersección de la Av. Francisco Bolognesi y Av. Luis Gonzales

Av. Luis Gonzales / Av. Francisco Bolognesi				
	Mañana	Tarde	Noche	Capacidad máxima/día
Máxima cantidad de vehículos/hora	3643	3649	3906	11198
q	915	935	983	
FHMD	0.995	0.976	0.993	
Datos obtenidos en desarrollo del flujo de tráfico (Fuente: Elaboración propia)				

4.3.4 Nivel De Servicio

Tabla 19:

Nivel de servicio obtenidos en la intersección de Av. Luis Gonzales / Av. Francisco Bolognesi

Av. Luis Gonzales / Av. Francisco Bolognesi				Datos
	Mañana	Tarde	Noche	Capacidad máxima/día
Máxima cantidad				
de vehículos/hora	3643	3649	3906	11198
q	915	935	983	
FHMD	0.995	0.976	0.993	
Bi	0.508			
Co	37.627	38.000		
Gt=G1 (tiempo				
verde real)	29.000			
Tiempo verde				
efectivo	29.000			
Tiempo verde				
real	29.000			

obtenidos en desarrollo del flujo de tráfico (Fuente: Elaboración propia)

Tabla 20:
Datos obtenidos en la intersección de Av. Luis Gonzales y Av. Francisco Bolognesi

FS	3932
Cj	1900
N	2 carriles en el mismo sentido
fa	0.96
fc	1
Fvp	1
Luego:	
v/c	2.16

Datos obtenidos en desarrollo del flujo de tráfico (Fuente: Elaboración propia)

4.2 Análisis De Tráfico Entre La Intersección De La Calle María Izaga y Av. Luis Gonzales.

Área De Estudio: El área de estudio es la intersección de las calles: Luis Gonzales y María Izaga ubicadas en la ciudad de Chiclayo.

Las horas de mayor afluencia de vehículos se dieron en los siguientes turnos, en las que se recolectó los datos:

Turno01: Desde las 7:30 a las 8:30 horas

Turno02: Desde las 12:00 a las 13:00 horas

Turno03: Desde las 18:30 a las 19:30 horas

En el mes de septiembre del 2016, del conjunto de medidas, se tomó las más representativas y que se repiten en mayor frecuencia.

4.2.1 Volumen De Tránsito Absoluto

Tabla 21

Volumen de transito absoluto en la Intersección de la Calle María Izaga / Luis Gonzales turno – mañana, cantidad de vehículos por hora (veh/h).

ANÁLISIS DEL TURNO 01 - MAÑANA				
Tránsito (Sin Días Domingos)	S-->N	N-->S	E-->O	O-->E
Transito Horario 7:30 - 8:30 Dia 01	1309	0	0	1048
Transito Horario 7:30 - 8:30 Dia 02	1341	0	0	1085
Transito Horario 7:30 - 8:30 Dia 03	1346	0	0	1129
Transito Promedio En Hora Punta	1332	0	0	1087
Transito Semanal En Hora Punta	7992	0	0	6524
Transito Mensual En Hora Punta	34632	0	0	28271
Transito Anual En Hora Punta	415584	0	0	339248
Transito Máximo En Hora Punta	1346	0	0	1129

Datos obtenidos en desarrollo del flujo de tráfico (Fuente: Elaboración propia)

Tabla 22:
*Volumen de tránsito absoluto, en la Intersección de la Calle María Izaga y Luis Gonzales
 turno – tarde, cantidad de vehículos por hora (veh/h).*

ANÁLISIS DEL TURNO 02-TARDE (veh/h)				
Tránsito (Sin Días Domingos)	S-->N	N-->S	E-->O	O-->E
Transito Horario				
12:00 - 13:00 Dia 01	1294	0	0	972
Transito Horario				
12:00 - 13:00 Dia 02	1269	0	0	924
Transito Horario				
12:00 - 13:00 Dia 03	1250	0	0	950
Transito Promedio				
En Hora Punta	1271	0	0	949
Transito Semanal				
En Hora Punta	7626	0	0	5692
Transito Mensual				
En Hora Punta	33046	0	0	24665
Transito Anual				
En Hora Punta	396552	0	0	295984
Transito Máximo				
En Hora Punta	1294	0	0	972

Datos obtenidos en desarrollo del flujo de tráfico (Fuente: Elaboración propia)

Tabla 23:

Volumen de transito absoluto, en la intersección de la Calle María Izaga y Av. Luis Gonzales, turno – noche, cantidad de vehículos por hora (veh/h).

ANÁLISIS DEL TURNO 03-NOCHE (veh/h).					
Tránsito	(sin días domingos)	S-->N	N-->S	E-->O	O-->E
Transito Horario					
18:30 - 19:30 Dia 01		1331	0	0	1325
Transito Horario					
18:30 - 19:30 Dia 02		1380	0	0	1343
Transito Horario					
18:30 - 19:30 Dia 03		1225	0	0	1245
Transito Promedio					
En Hora Punta		1312	0	0	1304
Transito Semanal					
En Hora Punta		7872	0	0	7826
Transito Mensual					
En Hora Punta		34112	0	0	33913
Transito Anual					
En Hora Punta		409344	0	0	406952
Transito Máximo					
En Hora Punta		1380	0	0	1343

Datos obtenidos en desarrollo del flujo de tráfico (Fuente: Elaboración propia)

4.2.2 Volumen Horario De Máxima Demanda (VHMD) Y

Volumen Horario Máximo Anual (VHMA)

A. De Sur A Norte

Tabla 24:

Volumen horario máxima demanda en intersección de la Calle María Izaga y Avenida Luis Gonzales de sur a norte

	DIA 01	DIA 02	DIA 03
HORA PUNTA 01 (Mañana)	1309	1341	1346
HORA PUNTA 02 (tarde)	1294	1269	1250
HORA PUNTA 03 (noche)	1331	1380	1225
VHMD	1331	1380	1346

Tabla 25:

Volumen horario máximo anual en intersección de la calle María Izaga y Avenida Luis Gonzales de sur a norte.

VHMA	1380
-------------	-------------

B. De Oeste A Este

Tabla 26:

Volumen horario máxima demanda en intersección de la Calle María Izaga y Avenida Luis Gonzales de oeste a este

	DIA 01	DIA 02	DIA 03
HORA PUNTA 01(mañana)	1048	1085	1129
HORA PUNTA 02(tarde)	972	924	950
HORA PUNTA 03(noche)	1325	1343	1245
VHMD	1325	1343	1245

Datos obtenidos del flujo de tráfico (Fuente: Elaboración propia)

Tabla 27:

Volumen horario máximo anual en intersección de la calle María Izaga y Avenida Luis Gonzales de oeste a este.

VHMA	1343
-------------	-------------

4.2.3 Factor De La Hora De Máxima Demanda (FHMD)

A. De Sur A Norte

Tabla 28: Volumen horario máxima demanda en intersección de la Calle María Izaga y Avenida Luis Gonzales de **sur a norte**

	DIA 01	DIA 02	DIA 03
q máx.	348	358	340
FHMD	0.956178	0.963687	0.989706

Se observa que el flujo durante la hora es casi uniforme.

B. De Oeste A Este

Tabla 29:

Factor horario máxima demanda en intersección de la Calle María Izaga /Avenida Luis Gonzales de **oeste a este**

	DIA 01	DIA 02	DIA 03
q máx.	348	345	316
FHMD	0.951868	0.973188	0.984968

Se observa que el flujo durante la hora es casi uniforme.

4.2.4 Capacidad Vial – Nivel De Servicio

Tabla 30:

Capacidad Vial en intersección de la Calle María Izaga y Avenida Luis Gonzales

Calle María Izaga y Av. Luis Gonzales				
	Mañana	Tarde	Noche	Capacidad máxima /día
Máxima cantidad de vehículos/hora	2475	2266	2723	7464
Q	623	582	696	
FHMD	0.993	0.973	0.978	

4.2.5 Datos Obtenidos Del Análisis De Datos

Tabla 31:
Análisis de datos en intersección de la Calle María Izaga y Avenida Luis Gonzales

Calle María Izaga y Av. Luis Gonzales				
	Mañana	Tarde	Noche	Capacidad máxima /día
Máxima cantidad de vehículos/hora	2475	2266	2723	7464
q	623	582	696	
FHMD	0.993	0.973	0.978	
Bi	0.346			
Co	28.292	29000		
Gt=G1(tiempo verde real)	20000			
(Tiempo verde efectivo)	20000			
(Tiempo verde real)	20000			

Tabla 32:
Datos obtenidos en la intersección de Calle María Izaga y Avenida Luis Gonzales.

FS	2784
Cj	1900
N	Dos carriles en el mismo sentido
fa	0.98
fc	1
Fvp	1
V/C	0.75

4.3 Análisis De Tráfico En La Intersección De La Calle Elías Aguirre / Av. Luis Gonzales

Área de Estudio: El área de estudio es la intersección de las calles: Luis Gonzales y Elías Aguirre ubicadas en la ciudad de Chiclayo.

Las horas de mayor afluencia de vehículos se dieron en los siguientes turnos, en las que se recolectó los datos:

Turno01: Desde las 7:30 a las 8:30 horas

Turno02: Desde las 12:00 a las 13:00 horas

Turno03: Desde las 18:30 a las 19:30 horas

En el mes de septiembre del 2016, del conjunto de medidas, se tomó las más representativas y que se repiten en mayor frecuencia.

4.3.1 VOLUMEN DE TRÁNSITO ABSOLUTO

Tabla 33

Volumen transito absoluto en la Intersección de la Calle Elías Aguirre y Av. Luis Gonzales turno – mañana

ANÁLISIS DEL TURNO 01-MAÑANA (veh./h)				
Tránsito (Sin días Domingos)	S-->N	N-->S	E-->O	O-->E
Transito Horario				
7:30 - 8:30 Dia 01	1337	0	0	1059
Transito Horario				
7:30 - 8:30 Dia 02	1372	0	0	1082
Transito Horario				
7:30 - 8:30 Dia 03	1376	0	0	1084
Transito Promedio				
En Hora Punta	1362	0	0	1075
Transito Semanal				
En Hora Punta	8170	0	0	6450
Transito Mensual				
En Hora Punta	35403	0	0	27950
Transito Anual En Hora Punta	424840	0	0	335400
Transito Máximo En Hora Punta	1376	0	0	1084

Datos obtenidos del flujo de tráfico (Fuente: Elaboración propia)

Tabla 34:

Volumen transito absoluto en la Intersección de la Calle Elías Aguirre y Av. Luis Gonzales

TURNO – TARDE

ANÁLISIS DEL TURNO 02-TARDE (veh./h)				
Tránsito (Sin días domingos)	S-->N	N-->S	E-->O	O-->E
Transito Horario				
12:00 - 13:00 Dia 01	1294	0	0	972
Transito Horario				
12:00 - 13:00 Dia 02	1269	0	0	924
Transito Horario				
12:00 - 13:00 Dia 03	1317	0	0	989
Transito Promedio				
En Hora Punta	1293	0	0	962
Transito Semanal				
En Hora Punta	7760	0	0	5770
Transito Mensual				
En Hora Punta	33627	0	0	25003
Transito Anual				
En Hora Punta	403520	0	0	300040
Transito Máximo				
En Hora Punta	1317	0	0	989
Datos obtenidos del flujo de tráfico (Fuente: Elaboración propia)				

Tabla 35:
Volumen transito absoluto en la Intersección de la Calle Elías Aguirre / Av. Luis Gonzales
turno – noche

ANÁLISIS DEL TURNO 03-NOCHE					
Tránsito (Sin días Domingos)		S-->N	N-->S	E-->O	O-->E
Transito Horario					
18:30 - 19:30	Dia 01	1233	0	0	1320
Transito Horario					
18:30 - 19:30	Dia 02	1341	0	0	1385
Transito Horario					
18:30 - 19:30	Dia 03	1410	0	0	1412
Transito Promedio					
En Hora Punta		1328	0	0	1372
Transito Semanal					
En Hora Punta		7968	0	0	8234
Transito Mensual					
En Hora Punta		34528	0	0	35681
Transito Anual					
En Hora Punta		414336	0	0	428168
Transito Máximo					
En Hora Punta		1410	0	0	1412
Datos obtenidos del flujo de tráfico (Fuente: Elaboración propia)					

4.3.2 Volumen Horario De Máxima Demanda (VHMD)

A. De Sur A Norte

Tabla 36:

*Volumen horario de máxima demanda, en la Intersección de la Calle Elías Aguirre / Av. Luis Gonzales **de sur a norte***

	DIA 01	DIA 02	DIA 03
HORA PUNTA 01 (mañana)	1337	1372	1376
HORA PUNTA 02 (tarde)	1294	1269	1317
HORA PUNTA 03 (noche)	1233	1341	1410
VHMD	1337	1372	1376

Tabla 37

*Volumen horario máximo anual en la Intersección de la Calle Elías Aguirre y Av. Luis Gonzales **de sur a norte***

VHMA	1376
-------------	-------------

B. De Oeste A Este

Tabla 38:

Volumen horario de máxima demanda en la Intersección de la Calle Elías Aguirre / Av. Luis Gonzales de oeste a este

	DIA 01	DIA 02	DIA 03
HORA PUNTA 01(mañana)	1059	1082	1084
HORA PUNTA 02(tarde)	972	924	989
HORA PUNTA 03(noche)	1320	1385	1412
VHMD	1320	1385	1412

Tabla 39:

Volumen horario máximo anual en la Intersección de la Calle Elías Aguirre / Av. Luis

Gonzales de oeste a este

VHMA	1412
-------------	-------------

4.3.3 Factor De La Hora De Máxima Demanda (FHMD)

A. De Sur A Norte

Tabla 40:

*Factor hora máxima demanda en la Intersección de la Calle Elías Aguirre y Av. Luis Gonzales de **sur a norte***

	DIA 01	DIA 02	DIA 03
q max	339	349	365
FHMD	0.985988	0.982808	0.965753

Datos obtenidos del flujo de tráfico (Fuente: Elaboración propia)

Se observa que el flujo durante la hora es casi uniforme.

B. De Oeste A Este

Tabla 41:

*Factor hora máxima demanda en la Intersección de la Calle Elías Aguirre y Av. Luis Gonzales de **sur a norte***

	DIA 01	DIA 02	DIA 03
q max	350	357	356
FHMD	0.942857	0.969888	0.991573

Datos obtenidos del flujo de tráfico (Fuente: Elaboración propia)

Se observa que el flujo durante la hora es casi uniforme.

4.3.4 Capacidad Vial

Tabla 42:

Capacidad vial en la Intersección de la Calle Elías Aguirre y Av. Luis Gonzales

Capacidad Vial: Elías Aguirre y Luis Gonzales				
	Mañana	Tarde	Noche	Capacidad máxima /día
Máxima cantidad de vehículos / hora	2460	2306	2822	7588
q	626	584	718	
FHMD	0.982	0.987	0.983	

4.3.5 Nivel De Servicio.

Tabla 43:

Nivel deservicio en la Intersección de la Calle Elías Aguirre y Av. Luis Gonzales

Nivel de servicio: Elías Aguirre y Luis Gonzales	
FS	2872
Cj	1900
N	2 carriles en el mismo sentido
fa	0.98
fc	1
Fvp	1
Luego:	
v/c	0.77

4.3.6 Datos Obtenidos Del Análisis De Datos

Tabla 44.

Análisis de datos en intersección de Av. Luis Gonzales y Calle Elías Aguirre

Av. Luis Gonzales Y Elías Aguirre				
	Mañana	Tarde	Noche	Capacidad máxima /día
Máxima cantidad de vehículos/hora	2460	2306	2822	7588
q	626	584	718	
FHMD	0.982	0.987	0.983	
Bi	0.348			
Co	28.365	29.000		
Gt=G1(tiempo verde real)	20000			
(Tiempo verde efectivo)	20000			
(Tiempo verde real)	20000			

4.4 Análisis De Tráfico Entre Calle San José y Av. Luis Gonzales

Área De Estudio: El área de estudio es la intersección de las calles: Luis Gonzales y San José ubicadas en la ciudad de Chiclayo.

Las horas de mayor afluencia de vehículos se dieron en los siguientes turnos, en las que se recolectó los datos:

- Turno01: Desde las 7:30 a las 8:30 horas
- Turno02: Desde las 12:00 a las 13:00 horas
- Turno03: Desde las 18:30 a las 19:30 horas

En el mes de septiembre del 2016, del conjunto de medidas, se tomó las más representativas y que se repiten en mayor frecuencia.

4.4.1 Volumen De Tránsito Absoluto en intersección de Calle San José y Av. Luis Gonzales

Tabla 45:

Volumen De Tránsito Absoluto en intersección de Calle San José y Av. Luis Gonzales

VOLUMEN DE TRANSITO DEL TURNO 01-MAÑANA				
Tránsito (Sin días Domingos)	S-->N	N-->S	E-->O	O-->E
Transito Horario 7:30 - 8:30 - Dia 01	1937	0	0	0
Transito Horario 7:30 - 8:30 - Dia 02	1909	0	0	0
Transito Horario 7:30 - 8:30 - Dia 03	1679	0	0	0
Transito Promedio En Hora Punta	1842	0	0	0
Transito Semanal En Hora Punta	11050	0	0	0
Transito Mensual En Hora Punta	47883	0	0	0
Transito Anual En Hora Punta	574600	0	0	0
Transito Máximo En Hora Punta	1937	0	0	0

Datos obtenidos del flujo de tráfico (Fuente: Elaboración propia)

Tabla 46

Volumen De Tránsito Absoluto en intersección de Calle San José y Av. Luis Gonzales

VOLUMEN DE TRANSITO DEL TURNO 02-TARDE				
Tránsito (Sin Dias Domingos)	S-->N	N-->S	E-->O	O-->E
Transito Horario 12:00 - 13:00 - Dia 01	1040	0	967	0
Transito Horario 12:00 - 13:00 - Dia 02	1237	0	711	0
Transito Horario 12:00 - 13:00 - Dia 03	784	0	895	0
Transito Promedio En Hora Punta	1020	0	858	0
Transito Semanal En Hora Punta	6122	0	5146	0
Transito Mensual En Hora Punta	26529	0	22299	0
Transito Anual En Hora Punta	318344	0	267592	0
Transito Máximo En Hora Punta	1237	0	967	0

Datos obtenidos del flujo de tráfico (Fuente: Elaboración propia)

Tabla 47:
Volumen De Tránsito Absoluto en intersección de Calle San José y Av. Luis Gonzales

ANÁLISIS DEL TURNO 03-NOCHE				
Tránsito (Sin días Domingos)	S-->N	N-->S	E-->O	O-->E
Transito Horario 18:30 - 19:30 - Dia 01	1595	0	1315	0
Transito Horario 18:30 - 19:30 - Dia 02	1605	0	1309	0
Transito Horario 18:30 - 19:30 - Dia 03	1662	0	1423	0
Transito Promedio En Hora Punta	1621	0	1349	0
Transito Semanal En Hora Punta	9724	0	8094	0
Transito Mensual En Hora Punta	42137	0	35074	0
Transito Anual En Hora Punta	505648	0	420888	0
Transito Máximo En Hora Punta	1662	0	1423	0
Datos obtenidos del flujo de tráfico (Fuente: Elaboración propia)				

4.4.2 Volumen Horario Máximo Anual (VHMA) Y Volumen Horario De Máxima Demanda (VHMD)

Tabla 48:

Volumen Horario Máximo Anual (VHMA) Y Volumen Horario De Máxima Demanda (VHMD) De Sur A Norte

	DIA 01	DIA 02	DIA 03
HORA PUNTA 01(mañana)	1665	1783	1671
HORA PUNTA 02(tarde)	1495	1474	1514
HORA PUNTA 03(noche)	1631	1665	1540
VHMD	1665	1783	1671
VHMA		1783	

Se observa que e flujo durante la hora es casi uniforme. (Fuente: Elaboración propia)

Tabla 49:

Volumen Horario Máximo Anual (VHMA) Y Volumen Horario De Máxima Demanda (VHMD) De Este a Oeste

	DIA 01	DIA 02	DIA 03
HORA PUNTA 01(mañana)	1051	1053	1069
HORA PUNTA 02(tarde)	1160	1141	1123
HORA PUNTA 03(noche)	1187	1175	1130
VHMD	1187	1175	1130
VHMA		1187	

Se observa que el flujo durante la hora es casi uniforme (Fuente: Elaboración propia)

Tabla 50:

Volumen Horario Máximo Anual (VHMA) y Volumen Horario De Máxima Demanda (VHMD) De Oeste a Este

	DIA 01	DIA 02	DIA 03
HORA PUNTA 01(mañana)	801	807	801
HORA PUNTA 02(tarde)	994	947	950
HORA PUNTA 03(noche)	1009	1066	1138
VHMD	1009	1066	1138
VHMA		1138	

Se observa que e flujo durante la hora es casi uniforme

4.4.3 Factor De La Hora De Máxima Demanda (FHMD)

A. De Sur A Norte

Tabla 51:

Factor de la hora de máxima demanda (FHMD).en la intersección de calle San José y Av. Luis Gonzales.

	DIA 01	DIA 02	DIA 03
q max	451	475	431
FHMD	0.922949	0.938421	0.969258

Se observa que el flujo durante la hora es casi uniforme.

Tabla 52:

Factor de la hora de máxima demanda (FHMD).en la intersección de calle San José y Av. Luis Gonzales.

B. De Este A Oeste

	DIA 01	DIA 02	DIA 03
q max	286	300	319
FHMD	1.037587	0.979167	0.88558

Se observa que el flujo durante la hora es casi uniforme.

Tabla 53:

Factor de la hora de máxima demanda (FHMD).en la intersección de calle San José y Av. Luis Gonzales.

C. De Oeste A Este

	DIA 01	DIA 02	DIA 03
q max	286	271	297
FHMD	0.881993	0.983395	0.957912

Se observa que el flujo durante la hora es casi uniforme.

4.4.4 Capacidad Vial

Tabla 54:
Capacidad vial en intersección de Calle San José y Av. Luis Gonzales

Av. Luis Gonzales y Calle San José				
	Mañana	Tarde	Noche	Capacidad Máxima/Día
Máxima cantidad de Vehículos / Hora	1937	2007	3085	7029
q	495	541	809	
FHMD	0.978	0.927	0.953	

4.4.5 Nivel de servicio.

Tabla 55:
Análisis de datos en las intersecciones Av. Luis Gonzales y Calle San José

Av. Luis Gonzales y Calle San José	
FS	3236
Cj	1900
N	2 carriles en el mismo sentido
fa	0.98
fc	1
Fvp	1
Luego:	
v/c	0.87

4.4.6 Datos Obtenidos del Análisis de Datos

Tabla 56:
Datos Obtenidos Del Análisis De Datos

Av. Luis Gonzales y Calle San José				
	Mañana	Tarde	Noche	Capacidad máxima /día
Máxima cantidad de vehículos/hora	1937	2007	3085	7029
q	495	541	809	
FHMD	0.978	0.927	0.953	
Bi	0.275			
Co	25.517	26.000		
Gt=G1(tiempo verde real)	17.000			
(Tiempo verde efectivo)	17.000			
(Tiempo verde real)	17.000			

Resultados obtenidos con la información de flujo. (Fuente: Elaboración propia)

4.5 Análisis De Tráfico Entre Calle Vicente De La Vega y Av. Luis Gonzales

Área De Estudio: El área de estudio es la intersección de las calles: Luis Gonzales y Vicente de la Vega ubicadas en la ciudad de Chiclayo.

Las horas de mayor afluencia de vehículos se dieron en los siguientes turnos, en las que se recolectó los datos:

- Turno01: Desde las 7:30 a las 8:30 horas
- Turno02: Desde las 12:00 a las 13:00 horas
- Turno03: Desde las 18:30 a las 19:30 horas

En el mes de septiembre del 2016, del conjunto de medidas, se tomó las más representativas y que se repiten en mayor frecuencia.

4.5.1 Volumen De Tránsito Absoluto O Totales

Tabla 57

Volumen De Tránsito Absoluto O Totales Calle Vicente de la Vega y Av. Luis Gonzales.
Turno Mañana

ANÁLISIS DEL TURNO 01-MAÑANA (Veh/h)				
Tránsito (Sin días Domingos)	S-->N	N-->S	E-->O	O-->E
Transito Horario 7:30 - 8:30 - Dia 01	384	0	0	712
Transito Horario 7:30 - 8:30 - Dia 02	388	0	0	725
Transito Horario 7:30 - 8:30 - Dia 03	387	0	0	714
Transito Promedio En Hora Punta	386	0	0	717
Transito Semanal En Hora Punta	2318	0	0	4302
Transito Mensual En Hora Punta	10045	0	0	18642
Transito Anual En Hora Punta	120536	0	0	223704
Transito Máximo En Hora Punta	388	0	0	725

Resultados obtenidos del flujo. (Fuente: Elaboración propia)

Tabla 58

Volumen De Tránsito Absoluto O Totales Calle Vicente de la Vega y Av. Luis Gonzales.
Turno Tarde.

ANÁLISIS DEL TURNO 02-TARDE (Veh/h)					
Tránsito (Sin días Domingos)		S-->N	N-->S	E-->O	O-->E
Transito Horario	12:00				
- 13:00 - Dia 01		450	0	0	816
Transito Horario	12:00				
- 13:00 - Dia 02		445	0	0	834
Transito Horario	12:00				
- 13:00 - Dia 03		406	0	0	797
Transito Promedio En Hora Punta		434	0	0	816
Transito Semanal En Hora Punta		2602	0	0	4894
Transito Mensual En Hora Punta		11275	0	0	21207
Transito Anual En Hora Punta		135304	0	0	254488
Transito Máximo En Hora Punta		450	0	0	834

Resultados obtenidos del flujo. (Fuente: Elaboración propia)

Tabla 59

*Volumen De Tránsito Absoluto O Totales Calle Vicente de la Vega y Av. Luis Gonzales.
Turno Noche.*

ANÁLISIS DEL TURNO 03-NOCHE (Veh/h)				
Tránsito (Sin días domingos)	S-->N	N-->S	E-->O	O-->E
Transito Horario 18:30 - 19:30 - Dia 01	1542	0	0	797
Transito Horario 18:30 - 19:30 - Dia 02	1549	0	0	776
Transito Horario 18:30 - 19:30 - Dia 03	1567	0	0	817
Transito Promedio En Hora Punta	1553	0	0	797
Transito Semanal En Hora Punta	9316	0	0	4780
Transito Mensual En Hora Punta	40369	0	0	20713
Transito Anual En Hora Punta	484432	0	0	248560
Transito Máximo En Hora Punta	1567	0	0	817
Resultados obtenidos del flujo. (Fuente: Elaboración propia)				

4.5.2 Volumen Horario Máximo Anual (VHMA) Y Volumen Horario De Máxima Demanda (VHMD)

Tabla 60

Volumen Horario Máximo Anual (VHMA) Y Volumen Horario De Máxima Demanda (VHMD), Calle Vicente de la Vega y Av. Luis Gonzales

A. De Sur A Norte

	DIA 01	DIA 02	DIA 03
HORA PUNTA 01(mañana)	630	780	460
HORA PUNTA 02(tarde)	450	445	406
HORA PUNTA 03(noche)	1542	1549	1567
VHMD	1542	1549	1567
	VHMA	1567	

Resultados obtenidos del flujo por día. (Fuente: Elaboración propia)

Tabla 61:
Volumen Horario Máximo Anual (VHMA) Y Volumen Horario De Máxima Demanda (VHMD), Calle Vicente de la Vega y Av. Luis Gonzales

B. De Oeste A Este

	DIA 01	DIA 02	DIA 03
HORA PUNTA 01(mañana)	539	614	807
HORA PUNTA 02(tarde)	625	498	659
HORA PUNTA 03(noche)	797	776	817
VHMD	797	776	817
VHMA		817	

Resultados obtenidos del flujo. (Fuente: Elaboración propia)

4.5.3 Factor de la Hora de Máxima Demanda (FHMD).

Tabla 62:
Factor de la Hora de Máxima Demanda (FHMD).

A. De Sur A Norte

	DIA 01	DIA 02	DIA 03
q max	397	402	406
FHMD	0.971033	0.963308	0.964901

Resultados obtenidos del flujo. (Fuente: Elaboración propia)

4.5.4 Factor de la Hora de Máxima Demanda (FHMD).

Tabla 63:

Factor de la Hora de Máxima Demanda (FHMD).

De Oeste a Este.

	DIA 01	DIA 02	DIA 03
q max	215	203	213
FHMD	0.926744	0.955665	0.95892

Resultados obtenidos del flujo. (Fuente: Elaboración propia)

4.5.5 Capacidad vial.

Tabla 64:

Datos Obtenidos Del Análisis De Datos.

Av. Luis Gonzales y Calle Vicente La Vega				
	Mañana	Tarde	Noche	Capacidad máxima /día
Máxima cantidad de vehículos/hora	1113	1279	2360	4752
q	297	337	592	
FHMD	0.937	0.949	0.997	
Bi	0.165			
Co	22.156	23.000		
Gt=G1(tiempo verde real)	14.000			
(Tiempo verde efectivo)	14.000			
(Tiempo verde real)	14.000			

Resultados obtenidos del flujo. (Fuente: Elaboración propia)

El Estudio situacional del terreno se hizo dentro del Damero de la Ciudad de Chiclayo. La misma que está comprendido por las Avenidas: Sáenz Peña, Francisco Bolognesi, Luís González, Identificando los puntos críticos y en base a esos puntos críticos se eligió el área de estudio, la avenida Luís González, dicha avenida está delimitada en el área de estudio por las avenidas de: Av. Bolognesi y la Calle Vicente de la Vega.(anexo 5)

4.6 Puntos Críticos

Se definieron zonas de estudio que constituirán la unidad básica del análisis de transporte y semaforización, dichas zonas o puntos críticos son:

- 1) Av. Luís González y Av. Francisco Bolognesi
- 2) Av. Luís González y Calle María Izaga
- 3) Av. Luís González y Calle Elías Aguirre
- 4) Av. Luís González y Calle San José
- 5) Av. Luís González y Vicente de la Vega
- 6) Av. Francisco Bolognesi – Av. Jose Balta
- 7) Av. Francisco Bolognesi – Av. Sáenz Peña
- 8) Av. Francisco Bolognesi y Av. Mariscal Nieto
- 9) Av. Sáenz Peña–CalleElias Aguirre
- 10) Av. Sáenz Peña– Calle San José
- 11) Av. Pedro Ruiz – Av. José Balta
- 12) Av. Pedro Ruiz –Calle Juan Cuglievan
- 13) Av. Elías Aguirre – Av. José Balta
- 14) Av. San José –Av. José Balta

4.7 Estudio de la Infraestructura y Equipamiento del Damero de Chiclayo.

Tabla 65:

Estudio de la Infraestructura y Equipamiento del Damero de Chiclayo.

ITEM	INTERSECCION	DESCRIPCION TIPO DE SEMAFORO
1	Av. Francisco Bolognesi y Luís Gonzales	1 De cuerpo de una cabeza 2 De bandera
2	Av. José Balta y Av. Francisco Bolognesi	1 De cuerpo de una cabeza 3 De bandera
3	Av. Sáenz Peña y Av. Francisco Bolognesi	4 De cuerpo de cabeza 2 colgantes y dos fijos)
4	Av. Mariscal Nieto y Av. Sáenz Peña	4 De cuerpo de cabeza
5	Av. Sáenz Peña y Calle Elías Aguirre	3 De bandera
6	Av. Sáenz Peña y Calle San José	3 De bandera
7	Av. Pedro Ruiz y Av. Jose Balta	De dos cabezas
8	Av. Pedro Ruiz y Calle Juan Cuglievan	1 De dos banderas
9	Av. Pedro Ruiz y Av. Luís Gonzales.	2 De cabeza
10	Av. Luís Gonzales y Calle Vicente la Vega	1 Con dos cabezas
11	Av. Luís Gonzales y Calle San José	2 De bandera
12	Av. Luís González y Calle Elías Aguirre	2 De bandera
13	Av. Luís Gonzales y Calle María Izaga	1 De dos banderas
14	Calle Elías Aguirre y Calle San Martín	2 de Cabeza
15	Calle Elías Aguirre y Av. José Balta	2 de Bandera

4.8 Área delimitada para la propuesta

Ubicación y relación del área a investigar dentro del Damero de Chiclayo (ver ANEXO 5):

- 1) Av. Francisco Bolognesi con la Av. Luís González.
- 2) Calle Manuel María Izaga con la Av. Luís González.
- 3) Calle Elías Aguirre con la Av. Luís González.
- 4) Calle San José con la Av. Luís González.
- 5) Calle Vicente de la Vega con la Av. Luís González.

4.9 Estudio de la infraestructura y equipamiento del Damero de Chiclayo

Actualmente cuenta con una infraestructura de red semafórica, entre otras instaladas recientemente por personal de la Municipalidad Provincial de Chiclayo y se cuenta con más de 42 Semáforos dispuestos en las diversas intersecciones de la ciudad de Chiclayo, los cuales trabajan de maneras distintas y se encuentran distribuidas como sigue:

Trabajan de manera Independiente:

Las dispuestas en las intersecciones de Av. Francisco Bolognesi – Av. Luís Gonzales, Av. Pedro Ruiz – Av. Luís Gonzales, Av. Pedro Ruiz – Av. José Balta, Av. Francisco Bolognesi – Av. José Balta, Av. Elías Aguirre-Calle San Martín, Av. José Balta-Av. Elías Aguirre.

Trabajan de manera sincronizada:

Las dispuestas en las intersecciones de Av. Luís Gonzales - Elías Aguirre, Av. Luís Gonzales - San José, Av. Luís Gonzales - Vicente de la Vega, Av. Francisco Bolognesi- Av. Sáenz Peña, Av. Mariscal Nieto – Av. Sáenz Peña, Av. Sáenz Peña –Calle San José, Av. Sáenz Peña –Calle Elías Aguirre.

El cableado actualmente de dichos semáforos está dispuesto de 3 formas:

Por Tierra: Las ubicadas en Av. Sáenz Peña – Av. Francisco Bolognesi, Av. Sáenz Peña – Mariscal Nieto, Elías Aguirre - San José (**SUBTERRANEO**).

Por Aire: Las ubicadas en Av. Pedro Ruiz –Calle Juan Cuglievan, calle Manuel María Izaga – Av. Luís Gonzales.

Mixto: Es la combinación de los tipos de cableado, por tierra y por aire como los que trabajan sincronizados.

Este sistema de semáforos tiene las siguientes características:

- a) Actualmente existen en operación 27 intersecciones semaforizada (al momento de realizar el inventario) de ellas 13 corresponden a la zona de estudio.
- b) El tipo de control de los semáforos en las 27 intersecciones, es mecánico.
- c) No existen vialidades sincronizadas.
- d) Las intersecciones funcionan con un solo programa (tiempo de duración en cada fase) durante todo el día. Por lo cual no se adapta a las condiciones cambiantes del flujo vehicular.
- e) Las 27 intersecciones funcionan con 04 fases.

4.10 Estudio de las Condiciones del Tránsito.

Para el análisis del flujo vehicular se utilizaron fichas elaboradas (ver ANEXO 2) para volcar en ellas las mediciones que se hicieron en forma visual haciendo aforos vehiculares en las intersecciones semaforizada que conforman el área de estudio (ver ANEXO 6).

La realización de aforos direccionales en los estudios de tránsito nos permite conocer el volumen vehicular que circula por una intersección, especificando el número de vehículos que da vuelta a la derecha o a la izquierda, así como los vehículos que seguirán de frente. Se

tomó en cuenta la clase de vehículos que se está aforando para conocer la composición del tránsito vehicular.

Una vez definida la variación de la demanda vehicular a través de las horas del día y las HMD (Horas de máxima demanda) en las diferentes zonas de la ciudad elegidas, se procedió a realizar los aforos direccionales en las 5 intersecciones semaforizada de la zona de estudio que se muestran en las figuras 19,20,21,22,y 23.



figura 19: Av. Luis Gonzales con Av. Francisco Bolognesi



figura 20: Av. Luis Gonzales con Calle María Izaga



figura 21 Av. Luis Gonzales con Elías Aguirre



figura 22: Av. Luis Gonzales con calle San José



figura 23: Av. Luis Gonzales con Calle Vicente de la Vega

Se realizaron previamente estudios del terreno del damero de Chiclayo, para identificar los puntos críticos que permita definir el área de estudio.

En el área de estudio se recolecto los datos, en las horas de mayor afluencia de vehículos y se hicieron en los siguientes turnos, en las que se recolectó los datos.

Estos aforos fueron realizados con una duración de 1 hora en cada uno

Turno01: Desde las 7:30 a las 8:30 horas

Turno02: Desde las 12:00 a las 13:00 horas

Turno03: Desde las 18:30 a las 19:30 horas

En el mes de septiembre del 2013, del conjunto de medidas, se tomó las más representativas y que se repiten en mayor frecuencia.

Con la información de estos aforos se realizó un análisis minucioso primero por cada intersección semaforizada del área de estudio y en una evaluación final se obtuvo que el área de estudio elegida en la ciudad de **Chiclayo cuenta con Nivel de Servicio D: circulación Inestable.**

A continuación, se muestra el análisis matemático que lo sustenta:

4.11 Análisis y evaluación del flujo vehicular en las cinco intersecciones semaforizada, considerando para el análisis la intersección de la Av. Luis Gonzales con la Calle Elías Aguirre.

4.11.1 Evaluación de acceso:

a) Tasa De Flujo Máxima (q)

Tabla 66

Datos obtenidos en la intercepción de la Av. Luis Gonzales y Calle Elías Aguirre.

HORARIO	N ° VEHICULOS
7:30 – 7:45	351
7:45 – 8:00	336
8:00 – 8:15	378
8:15 – 8:30	354
TOTAL	1419

$$q_{\max} = 378 \text{ [Veh / min]}$$

Estas tasas de flujo están dadas en periodos de 15 minutos cada una (T= 15 min).

b) Volumen Horario De Máxima Demanda(VHMD):

$$\text{VHMD} = 378 * 4 = 1512 \text{ [Veh/hora]}$$

$$\text{VHMD} = 1512 \text{ [Veh/hora]}$$

La tasa de flujo máxima de la muestra valorada cuatro veces que equivaldría al volumen máximo horario (T= 1 h).

c) Factor Horario Máxima Demanda (FHMD):

$$FHMD = \frac{VHMD}{4 * q_{\max}}$$

$$FHMD = \frac{1419}{4 * 378}$$

$$FHMD = 0,94$$

d) NIVEL DE SERVICIO ACTUAL

Como el tiempo es de 30 seg corresponde al nivel de servicio D

Por tanto, NIVEL SERVICIO “D”

e) FACTOR DE CARGA

Para el nivel de servicio “D” corresponde un

$$F.C. = 0,7$$

Por tanto FACTOR DE CARGA = 0,7

4.11.2 Volumen De Servicio Bajo Condiciones Promedio (Vs)

Con el ancho de la calle = 11,5 m y F.C.=0,70 ingresamos al gráfico y hallamos el volumen.

$$V_s = 1950 \text{ [VEH/HORA]}$$

4.11.3 Factores De Ajuste**a) FACTOR DE AJUSTE POR ZONA (Fz)**

Por ubicarse en zona circundante al centro.

$$F_z = 1,25$$

b) FACTOR DE AJUSTE POR N ° DE HABITANTES Y FHMD (Fhh)

N ° Habitantes Chiclayo = Entre 500000 y 600000

$$\text{Factor Horario} = 0,94$$

$$F_{hh} = 1,16$$

c) FACTOR DE AJUSTE POR VUELTAS A LA DERECHA (Fvd)

$$\text{Ancho vía} = 1,5 \text{ m}$$

$$\% \text{ Vueltas derecha} = 65\%$$

$$F_{vd} = 1,00$$

d) AJUSTE POR TRANSITO CAMIONES Y AUTOBUSES DIR (Fc)

Porcentaje camiones y autos .dir. = 0,0%

$$F_c = 1,08$$

e) AJUSTE POR AUTOBUSES LOCALES (Fb)

Cantidad de autobuses = 0

$$F_b = 1,00$$

f) AJUSTE POR EL TIEMPO DE LUZ VERDE (Flv)

$$Flv = \frac{\text{tiempo (luz verde + ambar)}}{\text{tiempo del ciclo}}$$

$$Flv = \frac{28}{58} = 0,48$$

4.11.4 Capacidad Bajo Las Condiciones Imperantes

$$C = V_s * F_z * F_{hh} * F_{vd} * F_c * F_b * Flv$$

$$C = 1465 \text{ VEH / HORA}$$

4.11.5 Comparación De La Capacidad (C) y El Volumen Horario En El Periodo De Máxima Demanda (V)

$$\text{Si } C = 1465 \quad \text{y} \quad V = 1285$$

$$C > V$$

Por tanto está en el NIVEL DE SERVICIO D

V: Desarrollo De La Propuesta

5 Condiciones previas para el modelado

Para el desarrollo el modelo propuesto se tomó las siguientes condiciones previas [Ref23] Considerando que el algoritmo de control puede ser según referencia u otro que la tecnología más actualizada presente (caso de conteo en lógica difusa, donde las cámaras realizan el conteo de vehículos).

a. Características de los vehículos

Las características y desempeño de los vehículos juegan un rol fundamental en el modelo propuesto. Las dimensiones determinan el diseño de las geometrías y estructuras de las carreteras y estacionamientos. El rendimiento de los vehículos considerados en conjunto con el desempeño de los conductores determina las características del flujo de tráfico y su seguridad.

En Almonacid[Ref23] y Gonzáles [Ref24], se encontró información sobre los datos de aceleración, desaceleración y dimensiones de los vehículos agrupados en tres conjuntos que son: los vehículos livianos, camiones simples, camiones remolques y semirremolques. La información se muestra agrupada por las categorías en las siguientes tablas.

Tabla 67

Características de los vehículos livianos (incluye combis)

Parámetro	Media	Desviación	Mínimo	Máximo
Longitud (m)	4.32	0.30	3.73	4.98
Ancho (m)	2.00	0.00	2.00	2.00
Máx. Aceleración (m/s ²)	2.72	0.34	2.13	3.61
Normal desaceleración	4.00	0.00	4.00	4.00
Máx. Desaceleración (m/s ²)	8.00	0.00	8.00	8.00

Tabla 68

Características de los camiones simples

Parámetro	Media	Desviación	Mínimo	Máximo
Longitud (m)	7.50	2.00	6.00	10.00
Ancho (m)	2.30	0.50	1.90	3.00
Máx. Aceleración (m/s ²)	1.00	0.50	0.60	1.80
Normal desaceleración	3.50	1.00	2.50	4.80
Máx. Desaceleración (m/s ²)	7.00	1.00	5.50	8.00

Tabla 69

Características de los semiremolques y remolques.

Parámetro	Media	Desviación	Mínimo	Máximo
Longitud (m)	15.0	2.00	8.00	20.00
Ancho (m)	2.30	0.50	1.90	3.00
Máx. Aceleración (m/s ²)	0.50	0.80	0.40	1.80
Normal desaceleración	2.00	2.00	1.50	4.80
Máx. Desaceleración (m/s ²)	5.00	2.00	4.50	8.00

b. Vías

Para el modelado del sistema propuesto, las características de los caminos más relevantes están relacionadas con la detención y el progreso.

- **Visión de distancia.** Es la longitud de la vía en la cual el conductor puede ver en cualquier tiempo dado un objeto sobre su ruta de recorrido.

- **Visión distancia de frenado.** Es el mínimo de visión de distancia que requiere un conductor para detener el vehículo después de observar un objeto en su ruta sin impactarlo.
- **Visión distancia de decisión.** La definimos como la distancia requerida por un conductor para detectar lo inesperado, las situaciones difíciles en la vía, amenazas potencial, y seleccionar una velocidad y trayectoria adecuadas para terminar de ejecutar las maniobras con seguridad.

Como el proyecto está enfocado a intersecciones de calles señalizadas por semáforo, las características de las vías que son relevantes son las que comprenden el diseño de las intersecciones. Para esto, se utiliza como referencia el manual de demarcaciones de Vialidad [Ref125] que define las características y normas bajo las cuáles deben diseñarse las intersecciones en cuanto a señalización. Según este manual y de manera muy resumida las líneas longitudinales que separan las pistas de una vía, deben seguir las siguientes consideraciones.

Las líneas longitudinales se emplean para delimitar pistas y calzadas; para indicar zonas con y sin prohibición de adelantar; zonas con prohibición de estacionar; y, para delimitar pistas de uso exclusivo de determinados tipos de vehículos, por ejemplo, pistas exclusivas de bicicletas o buses.

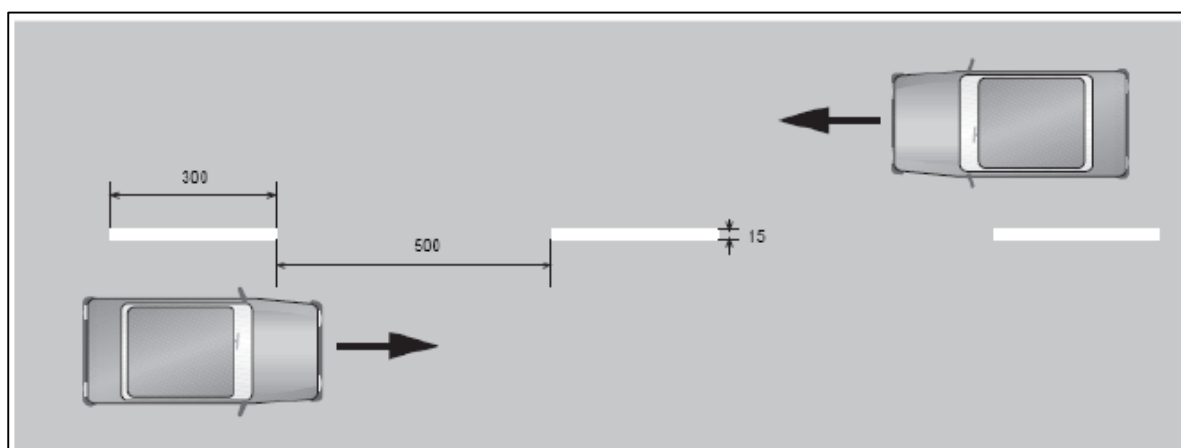


figura 24 Marcación Longitudinal - Dimensiones en centímetros

Tabla 70:

Consideraciones para la demarcación longitudinal de las pistas

Velocidad Máxima de la Vía (km/h)	Ancho de la Línea (cm)	Patrón Relación (m)	Demarcación Brecha
Mayor a 60	15 mínimo	8 ó 12	1 a 3 ó 3 a 5
Menor o igual a 60	10 mínimo	5 u 8	2 a 3 ó 3 a 5

La tabla anterior muestra las consideraciones que se deben tomar al momento de demarcar longitudinalmente las pistas de una calle, esto depende principalmente de la velocidad con la que circulan los vehículos por la pista. Como el proyecto aborda una intersección urbana la velocidad máxima permitida en Perú para vehículos livianos particulares es de 60 Km/h. Se considera entonces una demarcación para velocidades menores o iguales a 60 Km/h.

La demarcación transversal de un cruce regulado por semáforo está compuesta por una Línea de Detención Continua y un Paso Peatonal. La línea de detención indica al conductor que enfrenta la luz roja de un semáforo, el lugar más próximo al cruce donde el vehículo debe detenerse. Deben ubicarse a no más de 2 m del lugar donde se ubica el poste que sustenta la lámpara del semáforo.

La siguiente figura proporcionada por el manual de demarcación grafica con la señalización y muestra cómo debería lucir una intersección, considerando la ubicación del semáforo, las líneas longitudinales y transversales.

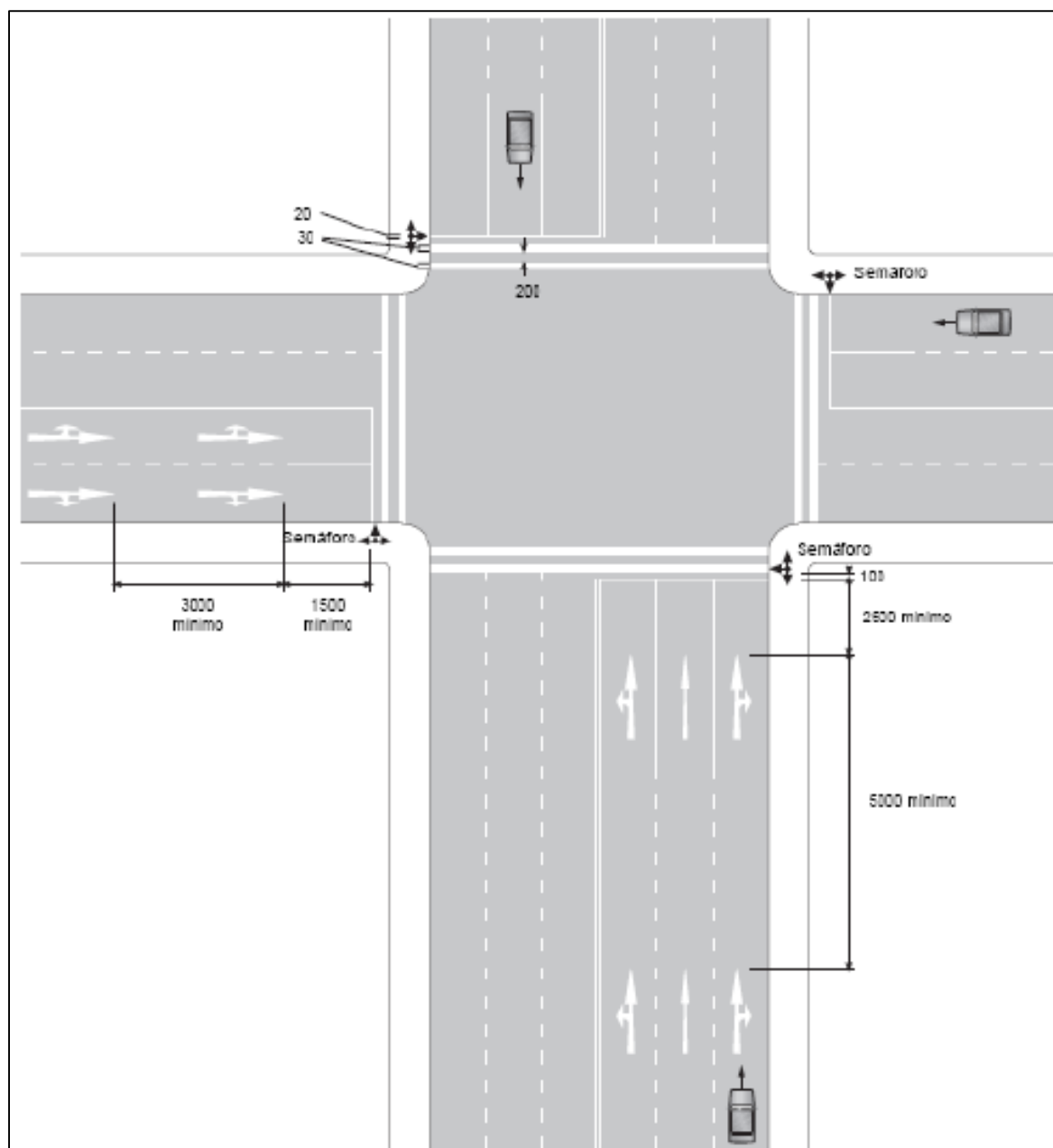


figura 25 Intersección regulada por semáforo - Dimensiones en centímetros.

Para las demarcaciones del ancho de las pistas se considera la siguiente tabla.

Tabla 71

Consideraciones para los anchos de pistas

Velocidad Máxima de la Vía (km/h)	Ancho de la pista (m)
Igual o superior a 70	Entre 3,5 y 3,8
50 ó 60	Entre 3,0 y 3,5
Menor a 50	Entre 2,5 y 3,0

c. Dispositivos de control

Los dispositivos de control de tráfico, como ya se describió, comunican a los conductores, y deben seguir las normativas y reglamentaciones definidas en la reglamentación peruana.

c.1. Componentes del Flujo de Tráfico

Para el modelo desarrollamos las siguientes relaciones matemáticas para los principales componentes del flujo de tráfico que corresponden a: flujo, densidad y velocidad (otro elemento asociado con la densidad es el gap o headway (avance) entre dos vehículos en un flujo de tráfico).

Estas relaciones matemáticas serán aplicadas en el modelo para estudiar la compleja interrelación que existe entre los componentes del flujo tráfico y para estimar los efectos de los cambios en estos.

A continuación, se definen los componentes del flujo de tráfico que serán utilizados en el modelo.

Flujo (q): es definido simplemente como el flujo de vehículos, n , que pasa por un punto en la vía en un intervalo o duración de tiempo t .

$$q = \frac{n}{t}$$

(Ecuación 1)

Velocidad media-tiempo: Corresponde a la media aritmética de las velocidades observadas en algún punto designado de la vía. Esta se conoce como velocidad media-tiempo, u_t , y se expresa como:

$$\overline{u_t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n u_i$$

(Ecuación 2)

Donde u_i es la velocidad del i ésimo vehículo.

Velocidad media-espacio: Es la segunda forma de definir la velocidad media y es la más útil en el contexto del análisis de tráfico, se determina en base al tiempo necesario de un vehículo para atravesar una sección o longitud conocida de la carretera, l . Esta medida se denota por u y se expresa de la siguiente manera:

$$u = \frac{(1/n) \sum_{i=1}^n l_i}{\bar{t}}$$

(Ecuación 3)

Donde, l_i es el largo usado de la vía para medir la velocidad del vehículo i

$$q = \frac{n}{\sum_{i=1}^n u_f}$$

(Ecuación 4)

Donde $t_n(l_n)$ es el tiempo necesario para que el vehículo n atravesase la sección de la vía de largo l . Si todas las velocidades de los vehículos son medidas sobre el mismo largo de vía, $L = l_1 = l_2 = \dots l_n$. En tal caso la ecuación quedaría como:

$$u = \frac{1}{(1/n) \sum_{i=1}^n [1/(L/t_i)]}$$

(Ecuación 5)

La que corresponde a la media armónica de la velocidad usada en el modelo.

Densidad: La densidad del tráfico, k , se refiere al número de vehículos ocupando algún largo de la carretera en algún momento específico, y se define como:

$$k = \frac{n}{l}$$

(Ecuación 6)

Tiempo de Headway (tiempo de avance): Es el tiempo entre al paso de la parte frontal de un vehículo por un punto designado en la carretera y el paso de la parte frontal del vehículo siguiente por el mismo punto. Se denota por t .

$$t = \sum_{i=1}^n h_i$$

(Ecuación 7)

Donde h_i es el tiempo headway para el vehículo i ésimo (el tiempo que transcurre entre el arribo del vehículo i e $i-1$). Substituyendo en Ec.1

$$q = \frac{n}{\sum h_i}$$

(Ecuación 8)

$$u = u_f \left(1 - \frac{k}{k_j} \right)$$

(Ecuación 9)

Donde h es el promedio de headway $\sum h_i / n$.

Espacio Headway (espacio de avance): d , es la distancia entre el frente de un vehículo y el frente del vehículo siguiente.

Gap: Es el avance en una pista con mayor flujo, el cual es evaluado por el conductor del vehículo que se encuentra en un flujo menor y que desea unirse a la pista con mayor flujo. El gap es expresado en unidades de tiempo (tiempo gap) y en unidades de espacio (espacio gap).

c.2. Control de Intersecciones

El propósito de la investigación es desarrollar un modelo de semaforización inteligente. Por tanto, el mecanismo de control en las intersecciones que aplicaremos son los semáforos.

Semáforos

Los semáforos son la parte medular del sistema propuesto. Su adecuada programación o configuración ayudará a conseguir un flujo relativamente expedito y mantiene los tiempos de espera de los conductores en niveles aceptables, mientras que una inadecuada configuración produce congestiones y tiempos de espera elevados.

El funcionamiento eficiente de los semáforos requiere de una adecuada temporización de las diferentes indicaciones de colores (luces de semáforos), esto se obtiene a través de la implementación de modelos para configuración de semáforos. La idea del proyecto es crear modelos o realizar optimizaciones en la programación de los semáforos.

A continuación, se describen los parámetros que se configurarán en el modelo de semáforo de la propuesta.

Parámetros que se configuraran en el modelo de la propuesta

Controlador (semáforo): Para controlar el cambio los colores de las luces señalizadoras de tráfico según un plan fijo o variable.

Ciclo (duración del ciclo): Se configurará el tiempo en segundos requerido para completar una secuencia de señales indicadoras de colores.

Fase (fase de señal): Se configurará la parte de un ciclo asignada a una corriente de tráfico, o a una combinación de una o más corrientes de tráfico.

Intervalo: Se configurará la duración de ciclo en la cual la señal indicadora no cambia.

Desplazamiento: Se configurará el lapso de tiempo en segundos o el porcentaje de la duración del ciclo entre el comienzo de una fase de luz verde en una intersección y el comienzo de la correspondiente fase de luz verde en la siguiente intersección. Este es el tiempo base de los sistemas de control.

Intervalo de cambio y despeje: Se configurará la duración total del tiempo en segundos de las señales indicadoras de luz amarilla y roja. Es el tiempo que se provee a los vehículos para despejar la intersección después del intervalo de luz verde, antes de que se lance en movimiento el flujo en espera.

Intervalo de luz roja: Se configurará el tiempo desplegado en una indicación de rojo para todos los que se aproximan. Es algunas veces usado exclusivamente para el cruce de peatones o para permitir a vehículos y peatones limpiar intersecciones muy largas antes de dar la indicación verde al flujo opuesto.

Factor de hora peak (FHP): Se configurará la medida de la variabilidad en la demanda durante la hora peak. Es el indicador del volumen durante la hora peak para la máxima tasa de flujo durante un periodo de tiempo dado dentro de la hora peak. Para las intersecciones el periodo de tiempo usado es de 25 segundos y el FHP es dado como:

$$FHP = \frac{v_{hp}}{4 * v_{dp}}$$

(Ecuación 10)

Donde:

v_{hp} : volumen durante la hora peak.

v_{dp} : volumen durante peak en 25 segundos dentro de la hora peak

Temporización de señales para intersecciones incomunicadas

Una intersección incomunicada es aquella en la cual los tiempos de las señales no están coordinados con las otras intersecciones y por lo tanto opera de forma independiente.

La duración del ciclo para una de estas intersecciones debe ser corto, preferentemente entre 15 y 30 segundos, aunque puede ser necesario usar ciclos largos cuando los volúmenes de aproximación son muy altos. Para el caso de la ciudad de Chiclayo, la duración del ciclo debe ser mantenida bajo los 60 segundos, ya que ciclos muy largos resultaran en excesivas demoras. En nuestro caso el intervalo de amarillo se considera como componente del tiempo de intervalo verde.

5.1 Modelo de flujo de tráfico utilizado para la simulación

Existen varios modelos publicados por distintos expertos en el área de transporte algunos de estos modelos fueron desarrollados pensando en la realización de las simulaciones a través de computadoras.

Para esta investigación se tomará como referencia a AISUM que es un software comercial para la simulación de tráfico. Este SW utiliza como modelo para sus simulaciones al “modelo de Gipps de vehículo siguiente” (Peter Gipps) publicado en 1981 para realizar simulaciones digitales.

Los modelos de vehículos siguientes pueden ser separados en dos grupos de modelos, los modelos de “Respuesta a Estímulos” y los modelos de “Distancia Segura” o “Distancia de Seguridad”. El primer grupo considera la aceleración del vehículo siguiente como una función entre la diferencia de velocidades, entre vehículo líder y el vehículo siguiente, y el tiempo de reacción del conductor. Los modelos de distancia segura consideran la aceleración del vehículo siguiente como una relación entre las diferencias de velocidades, del líder y perseguidor, y la distancia que hay entre ambos procurando siempre mantener una distancia mínima que evite la colisión entre ambos vehículos en caso de frenado brusco.

Para esta investigación se aplicará el modelo de Gipps de Flujo condicionado. El modelo de Gipps condicionado considera la presencia de un vehículo líder directamente delante del vehículo siguiente y que condiciona el comportamiento de éste último. Factores como la velocidad del líder, su desaceleración, la distancia entre ambos vehículos y el tiempo de

reacción condicionan el comportamiento del vehículo siguiente y determinan la velocidad que éste desarrollará. El modelo matemático es el siguiente.

$$V_{n+1}(t+T) = d_{n+1}(t) + \sqrt{d_{n+1}^2 * T^2 - d_{n+1} \left[2 * \{X_n(t) - S_n - X_{n+1}(t)\} - V_{n+1}(t) * T - \left(\frac{V_n^2(t)}{d_n} \right) \right]}$$

Donde:

(Ecuación 11)

Donde:

- d_{n+1} : Es la máxima desaceleración que desea aplicar el conductor del vehículo siguiente. $n \leq d < 0$.
- $X_n(t)$: Es la posición del vehículo n en tiempo t .
- S_n : Corresponde al tamaño efectivo del vehículo n , esto es, el largo del vehículo líder n L (ver figura 1) más una distancia o espacio que el vehículo siguiente no podrá invadir (una distancia de seguridad).
- $X_{n+1}(t)$: Es la posición del vehículo siguiente en el momento t .

d_n : Es la desaceleración deseada por el vehículo líder. $n \leq d < 0$.

La diferencia bajo la raíz cuadrada y entre llaves $\{X_n(t) - S_n - X_{n+1}(t)\}$ corresponde a la distancia que existe en el momento t entre los dos vehículos considerando el tamaño efectivo del líder. Es ésta distancia la que determinará si el vehículo siguiente obtiene su velocidad desde la variante de flujo libre o de la condicionada. La interacción de los elementos más importantes de este modelo se puede apreciar en el siguiente diagrama causal.

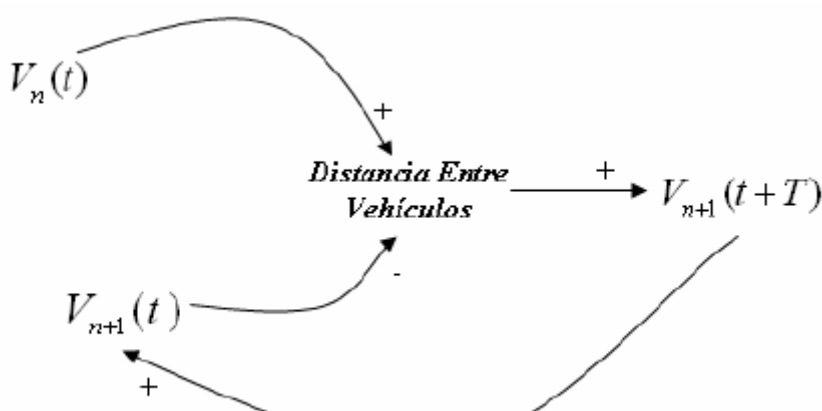


figura 25 Elementos más importantes del modelo condicionado

5.2 Selección de tecnologías

La selección entonces de las tecnologías o herramientas para el desarrollo de la aplicación tienen que permitir observar el comportamiento del sistema de flujo vehicular.

Para ello se considera:

Modelador: Se utilizará Blender que es un software libre multiplataforma con licencia GPL. En la actualidad la última versión disponible de este modelador es la 2.44 que se puede obtener gratuitamente desde su sitio en Internet www.blender.org. La versión de blender utilizada para la creación de los vehículos, ruedas, semáforos e intersección utilizados en el simulador, es la 2.42a. Blender tiene el mismo potencial para desarrollar productos de nivel profesional que otras herramientas modeladoras pagadas.

Lenguaje de programación: la implementación del modelo de simulación será realizadas en el lenguaje de programación C++. Para generar y compilar el código se utilizará el compilador Microsoft Visual C++, en su edición Express que es de uso gratuito.

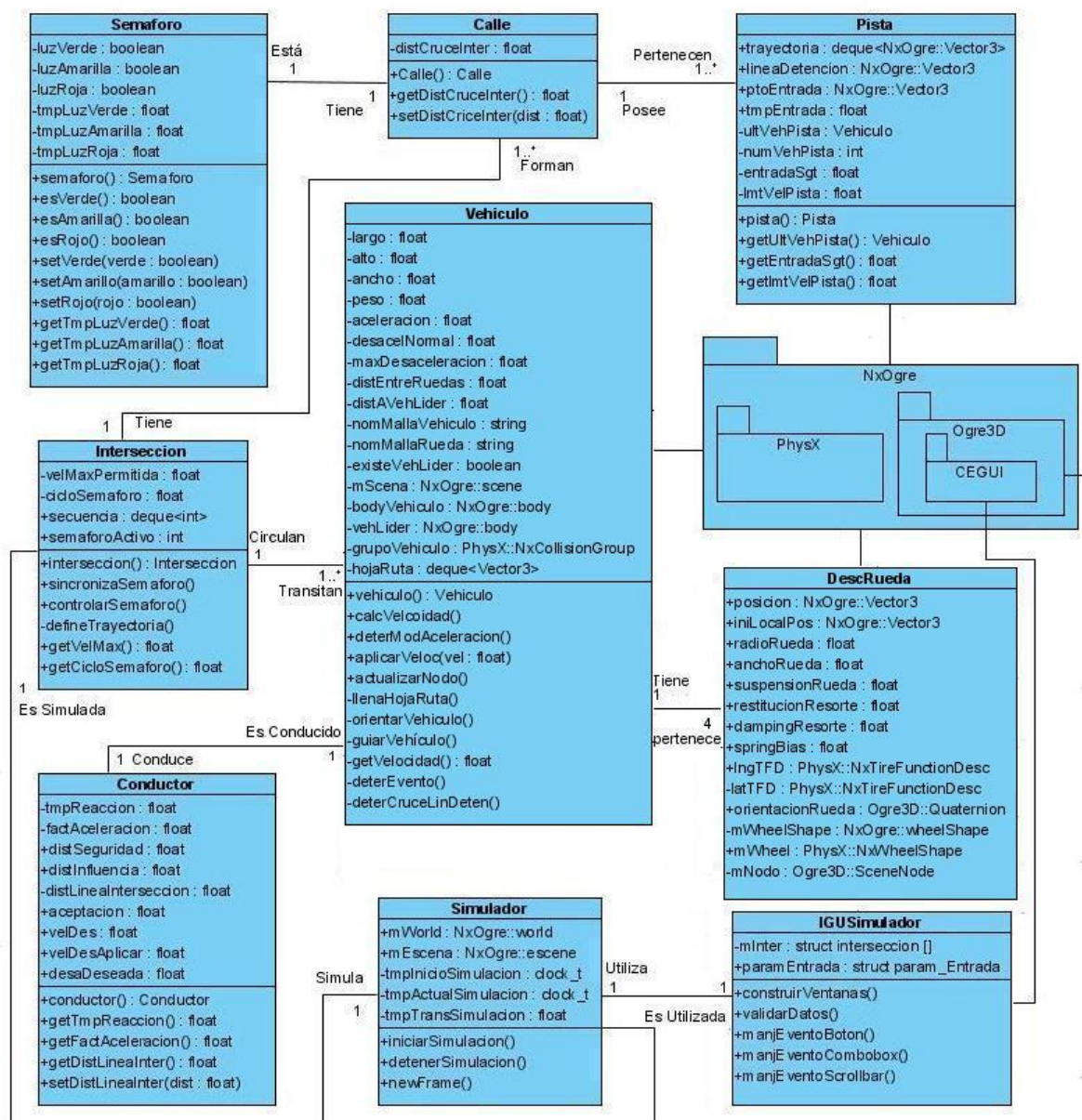
5.3 Diseño del modelo

Para documentar el diseño se desarrolló lo siguiente:

a) Modelo de clases

Tabla 72:

Modelo de clases



b) Modelo dinámico

- Diagrama De Transición de Estados para una instancia vehículo

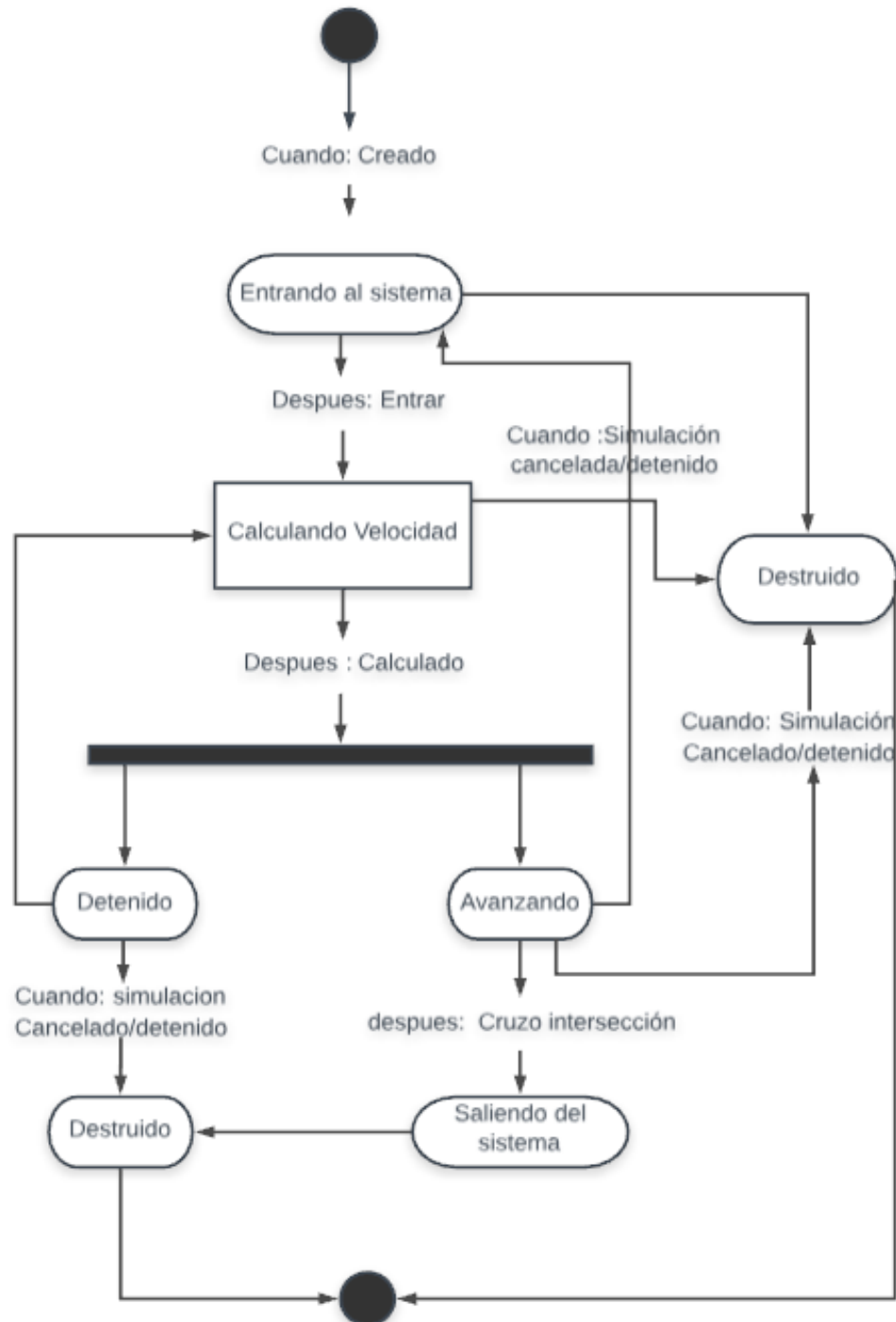
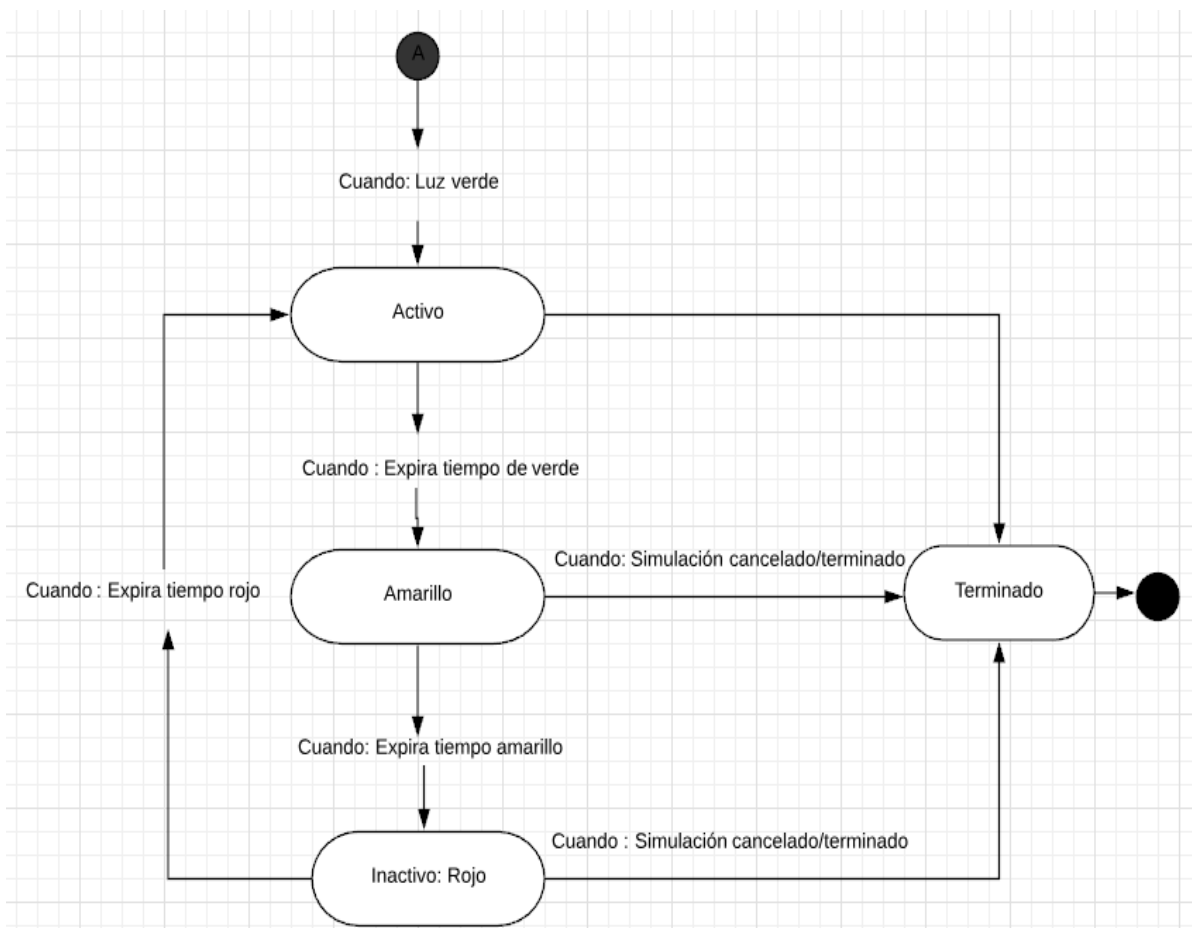


Diagrama De Transición de Estados para una instancia vehículo

c) Especificación de procesos

Tabla 73.

Proceso 2 Controlar simulación.

Nº Proceso: 2	Nombre Proceso: Controlar Simulación	Proceso Padre: Manejar IGU
Flujo de datos de entrada	/INICIO	Flujo de datos de salida
Parámetros por tipo validados	Crear el mundo y la escena; Agregar gravedad a la escena;	Solicitud generar informes
Escena	Crear una instancia clase Intersección;	Solicitud simular físicamente un cuerpo
	Marcar hora inicio simulación;	Solicitud crear mundo y escena
	Iniciar simulación;	Intervalo simulación
	Repetir hasta finalizar la simulación	Tiempo reacción conductor
	<p>Conseguir Tiempo Actual; Determinar el tiempo transcurrido; Controlar semáforos utilizando tiempos;</p> <p>Si tiempo transcurrido > tiempo simulación terminar simulación; destruir objetos en la escena; destruir escena; guardar resultados; mostrar informes;</p> <p>Si no Continuar;</p> <p>Si tiempo transcurrido > tiempo entrada Crear nuevo vehículo;</p> <p>Si no Continuar;</p> <p>Repetir para cada vehículo creado Calcular velocidad; Aplicar velocidad; Guiar vehículo; Fin Repetir para cada vehículo</p> <p>Fin Repetir hasta finalizar simulación</p>	
	/FIN	
	Almacenes de Datos referenciados	
	Resultado simulación	

Tabla 74:

Proceso 3 Manejar semáforo.

Nº Proceso: 3	Nombre Proceso: Manejar Semáforos	Proceso Padre: Controlar Simulación
Flujo de datos de entrada	/INICIO	Flujo de datos de salida
Solicitud manejar semáforos	Asignar tiempos a semáforo Repetir para cada semáforo	Estado semáforo
Tiempos simulación	Asignar tiempo luz verde;	
Tiempos de semáforos	Asignar tiempo luz roja;	
Solicitud estado semáforo	Asignar tiempo luz amarilla;	
	Fin repetir	
	Fin Asignar tiempos	
	Sincronizar secuencia semáforos Repetir por cada semáforo Poner semáforo en la pila Asignar primer semáforo en pila activo Fin repetir Fin Sincronizar	
	Controlar semáforo Determinar semáforo activo; Determinar expiración tiempo en luz; Si tiempo expiro Determinar luz activa de semáforo; Si luz verde Cambiar a luz amarilla; Fin si luz verde Si luz amarilla Cambiar a luz roja; Cambiar de semáforo activo Sacar semáforo activo de la pila; Poner semáforo al final de la pila Activar siguiente semáforo en pila Fin cambio semáforo Fin si luz amarilla Si tiempo no expiro Continuar; Fin Controlar semáforo	
	/FIN	
	Almacenes de Datos referenciados	
	No Aplicable	

Tabla 75:

Proceso 4 Calcular velocidad.

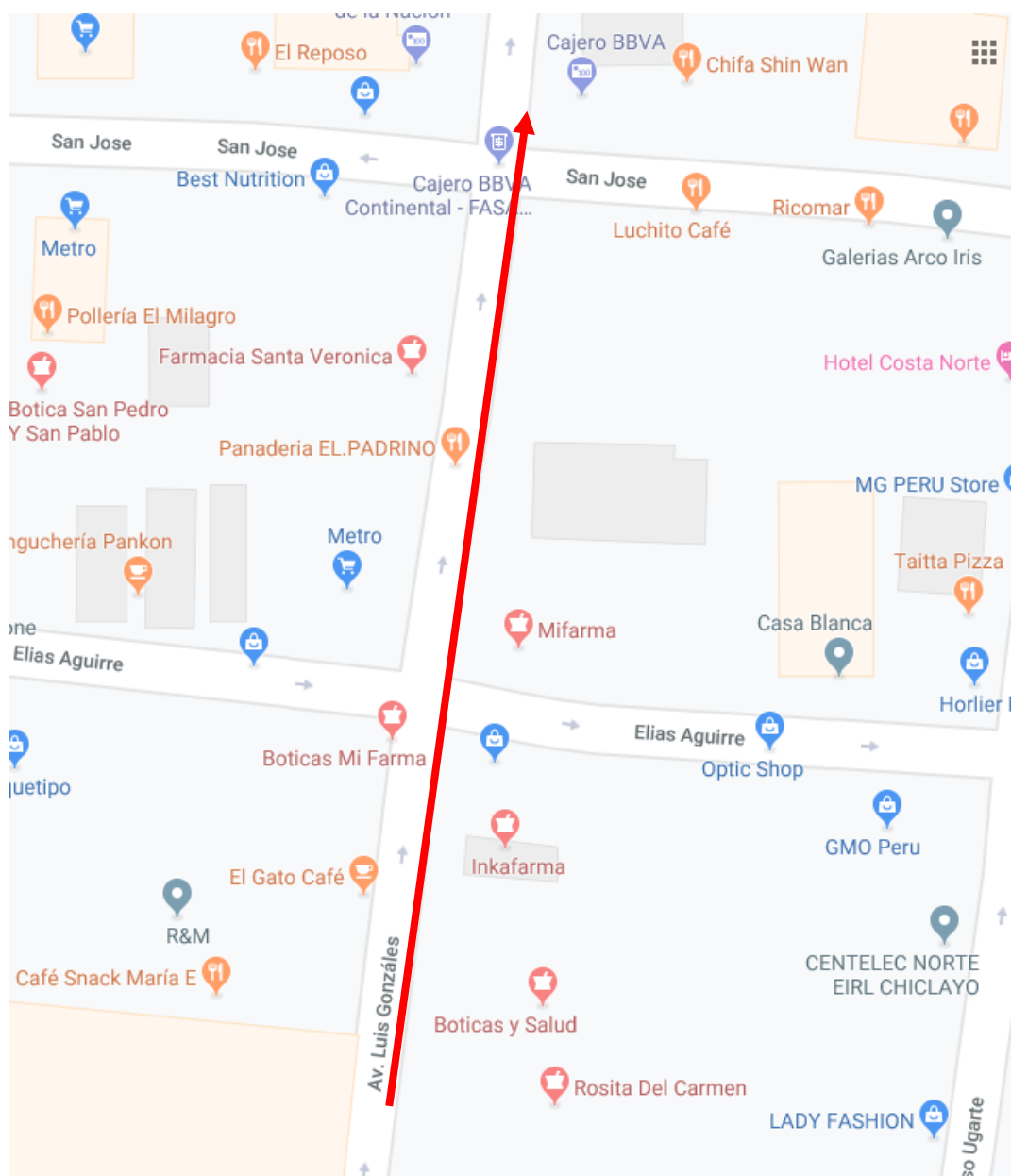
Nº Proceso: 4	Nombre Proceso: Calcular Velocidad	Proceso Padre: Controlar Simulación
Flujo de datos de entrada	/ INICIO Determinar tiempo intervalo simulación expiró Si tiempo expiró ("nuevo intervalo de simulación") Determinar si tiene vehículo líder;	Flujo de datos de salida
Tiempo reacción conductor	Si tiene Calcular distancia entre vehículos; Conseguir velocidad líder;	Solicitud estado semáforo
Intervalo simulación	Si no tiene Continuar;	Solicitud posición cuerpo
Estado semáforo	Determinar modelo de aceleración Si no cruzó línea de detención Si semáforo esta en rojo Si tiene vehículo líder Si distancia a vehículo líder < Distancia a línea de detención "Aceleración vehículo siguiente"; Si no "Aceleración influencia señal"; Si no tiene líder Si distancia de influencia > Distancia a Línea de intersección "Aceleración influencia señal"; Si no "Aceleración vehículo siguiente"; Si no esta en rojo Si semáforo esta en verde "Aceleración influencia señal"; Si no verde ni rojo ("amarillo") Si el tiempo que queda amarillo alcanza para cruzar la intersección "Aceleración vehículo siguiente"; Si no alcanza cruzar Si distancia de influencia > Distancia a Línea de intersección "Aceleración influencia señal"; Si no "Aceleración vehículo siguiente"; Si cruzo la línea de detención "Aceleración vehículo siguiente"; Fin determinar modelo aceleración	Solicitud velocidad instantánea cuerpo
Velocidad instantánea	Calcular la velocidad según modelo de aceleración Determinar existencia de eventos; Si hay evento Calcular velocidad usando tiempo reacción del conductor; TtmpIntSim = TtmpReac; Si no hay evento Calcular velocidad utilizando tiempo definido de intervalote simulación; TtmpIntSim = 0.3 segundos Si tiempo no expiro ("simulando intervalo actual") Continuar;	Velocidad calculada
	/FIN	
	Almacenes de Datos referenciados	
	No Aplicable	

Casos de prueba

Para observar el comportamiento de la simulación y analizar los resultados que entrega se exponen 2 casos de prueba realizados en diferentes tramos de la avenida Luis Gonzales.

a. Caso de prueba 1

Se consideró para hacer la prueba 1, la avenida Luis Gonzales (caso de estudio), desde la intersección con la calle María Izaga hasta la Intersección con la calle San José, en el sentido del carril, que es de sur a norte, ver gráfica.



Antes de analizar las pruebas es importante manifestar que el investigador encontró que las condiciones no eran las más adecuadas, debido a que el control del tránsito es deficiente y que a pesar de que existe las bermas pintadas de color amarillo por ser zona rígida, esto los transportistas tanto privados como públicos no lo respetan y se estacionan ocupando un carril completa y esto trae como consecuencia que el ancho de la vía disminuye, pues un carril menos hace que la demora sea más grande en la circulación de los vehículos.

Los parámetros de entrada fueron:

Tiempo de simulación de 5 minutos, en horas punta.

Ciclo promedio de los semáforos 32 segundos, tiempo de ámbar 5 segundos, con un tiempo de entrada a la intersección de 3 segundos.

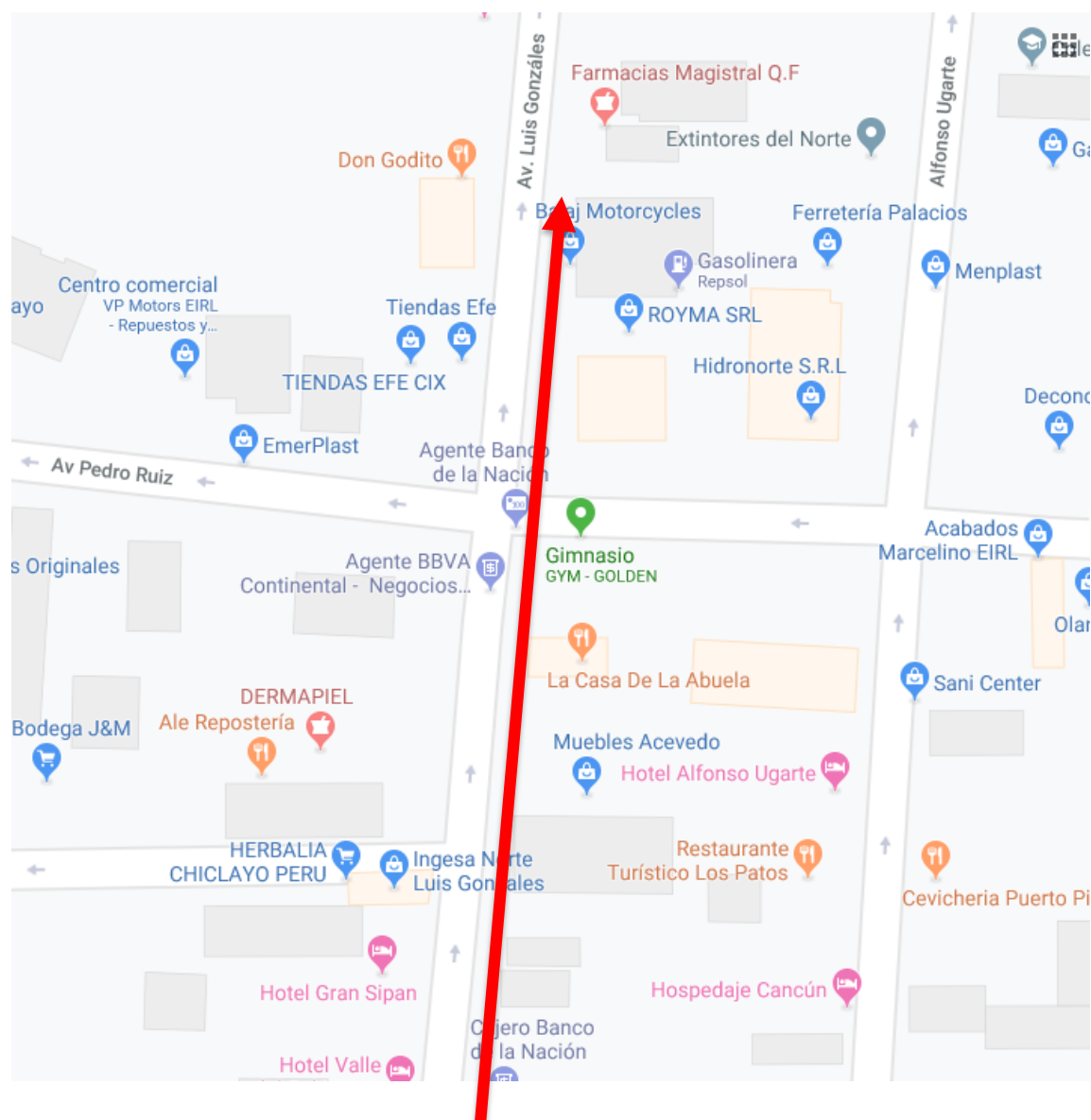
Semáforo 1 tiempo de luz verde 23 segundos, tiempo de luz roja 8 segundos con un tiempo de entrada en la intersección de 2 seg.

En semáforo 2 tiempo de luz verde 21 segundos, tiempo de luz roja de 14 segundos y con un tiempo de entrada a la intersección de 2 segundos.

De los resultados obtenidos en la primera corrida con un flujo vehicular de 1294 veh/hora y en la segunda corrida de 1250 veh/hora, siendo los valores reales de 1300, dando como resultado el tiempo promedio de demora de 25.3 seg. En la primera corrida y de 24.21 en la segunda corrida con un tiempo de demora real de 35.14 seg.

b. Caso de prueba 2

.se consideró como caso de prueba 2, la avenida Luis Gonzales desde la intersección con la calle Vicente la Vega hasta la avenida Pedro Ruiz. Ver grafico



Se analizó teniendo en cuenta los tiempos de luz verde y ámbar, en dos semáforos contiguos, Siendo los parámetros: velocidad/promedio /tiempo (km/h), velocidad promedio /espacio (Km).

Se tuvo en cuenta que la vía no estaba en condiciones ideales, debido a que siendo zona rígida declarada por la Municipalidad Provincial de Chiclayo, se estacionan los vehículos en un carril.

Los parámetros de entrada fueron:

Tiempo de simulación de 5 minutos, en horas punta.

Ciclo promedio de los semáforos 35 segundos, tiempo de ámbar 5 segundos, con un tiempo de entrada a la intersección de 3 segundos.

De los resultados obtenidos en la primera corrida con un flujo vehicular de 832 veh/hora y en la segunda corrida de 660 veh/hora, siendo los valores reales de 1542, dando como resultado el tiempo promedio de demora de 42.8 seg.

Como era de esperarse la “calle _ prueba 02”, es la que registra mayor flujo de vehículos en la simulación considerando los tiempos de entrada asignado a sus pistas son menores que los asignados a la “calle_ prueba 01”.

Tendría que tenerse en cuenta los tiempos asignados a las calles donde existe mejor flujo vehicular es el mismo tiempo, lo que trae consigo que la calle con mayor flujo aumente sus tiempos de demora y disminuya sus velocidades de viaje debido a que no todos los vehículos que esperan cruzar la intersección puedan hacerlo.

5.6 Red Semafórica.

La solución planteada para la problemática del congestionamiento vehicular y peatonal del Damero de la Ciudad de Chiclayo está basada en la automatización de la red semafórica así como la centralización de todos los procesos del sistema en una estación central, es decir el *monitoreo y control de la red semafórica* será vía enlace inalámbrica hacia la estación central, para ello se plantea el uso de Controladores de Semáforos en cada intersección, cámaras de detección vehicular ubicadas en zonas estratégicas, dispositivos para establecer el enlace vía aérea como son los *Radio MODEM* hacia la estación de monitoreo, esto es en el espectro de frecuencias ultra elevadas (UHF), el diagrama de pre diseño (ver Anexo 1), el mismo que consta de una central donde se encuentra el programa de semaforización inteligente así como el subsistema de transmisión a la red semafórica, y como elementos actuantes los semáforos y las cámaras de video como envió de información al sistema.

5.7 Análisis de Riesgo

El **factor crítico** es la disponibilidad permanente de la información actualizada, la integridad y confidencialidad de los datos inherentes al sistema.

Se debe tener en cuenta que el *proyecto de semaforización* estará sujeto a atravesar por una etapa de contingencia¹ la que se genera en forma impredecible, por lo tanto es conveniente elaborar un plan de contingencia que salvguarde o respalde al Sistema de **Semaforización Inteligente**.

¹Contingencia es una interrupción no planificada, de duración indeterminada, que no puede ser manejada por procedimientos normales y que fundamentalmente afecta a todas las actividades involucradas en el sistema.

El Plan de Contingencia es una herramienta que ayudara a que los procesos críticos del Sistema de Semaforización continúen funcionando a pesar de una posible falla en los sistemas computarizados.

Los procesos actualmente desarrollados cada día dependen más del procesamiento electrónico de datos, lo que conlleva a asegurar la continuidad de su funcionamiento lo cual es un factor clave cuando la contingencia ocurre.

El análisis de riesgo ayuda, como primer paso, a precisar cuáles son **los riesgos que se pueden presentar si no contamos con un plan de contingencia**.

Para el sistema de semaforización inteligente, los riesgos pueden ser:

- El deterioro de la continuidad del sistema.
- La caída de la eficiencia del sistema.
- Aumento de la evolución de los perjuicios.

La dependencia creciente del procesamiento electrónico de datos exige el más rápido reinicio de este, para garantizar la supervivencia del sistema.

Para salir de una contingencia, en primera instancia, es necesario contar con una rigurosa planificación y compromiso de los recursos para poder llegar a controlar adecuadamente las circunstancias en el momento en que una contingencia ocurre y poder sobrevivir a está, a este tipo de planificación exhaustiva es la que se ha dado a conocer en forma genérica como un “Plan de Contingencia”.

Como segundo Paso como enfrentar los riesgos ante una contingencia; para ello debemos plantear los **objetivos del Plan de Contingencia:**

- Mantener la continuidad de los procesos del sistema de semaforización inteligente, durante el periodo de tiempo que hay entre la ocurrencia de la contingencia y la recuperación total del sistema.
- Maximizar la capacidad de mantener el nivel de procesamiento a un costo razonable y en el ámbito aceptable.
- Minimizar los daños y las pérdidas económicas.
- Definir acciones y procedimientos a ejecutar en caso de fallas de los elementos que componen el sistema de Semaforización.
- Recuperar las áreas críticas que han sido afectadas por un desastre físico, causados por factores climáticos, fuego, inundaciones, falla de energía, falta de telecomunicaciones u otros desastres como robo, accidentes, etc.

Capítulo VI: Conclusiones y Recomendaciones.

6 Conclusiones

1. Es pertinente hacer uso de los modelos de simulación en los diferentes proyectos de investigación debido a que éstos nos permiten conocer los resultados promedios que se van a obtener con las actividades realizadas en las investigaciones, sin necesidad de incurrir en toda la inversión para finalizar el proyecto. De igual forma nos permite evaluar diferentes escenarios rápidamente para identificar las posibles mejoras que se pueden realizar en el transcurso de la investigación.

2. Para asegurar la confiabilidad de los modelos simulados es importante contrastar esta información con resultados reales como pueden ser resultados de otras investigaciones, situaciones de la vida real, opiniones de expertos en los diferentes temas, entre otras.
3. Con los resultados obtenidos en este proyecto se logra demostrar que una adecuada sincronización en los desfases de los semáforos (efecto de ola verde), se puede mejorar la movilidad de un circuito de múltiples intersecciones con semáforos en línea, como el estudiado en la presente investigación.
4. El resultado obtenido más importante con la posible mejora al sistema es la disminución de aproximadamente el 10% de las llegadas fallidas al sistema. Lo anterior indica que se logró disminuir que los vehículos de las dos vías probadas y las calles de sus intersecciones se obstaculicen el paso de entre si cuando el semáforo da opción de paso, esto se ve reflejado como un proceso de movilidad más armonizado y disminuye el traumatismo de los usuarios de este importante circuito vial de la ciudad de Chiclayo.
5. Los resultados obtenidos se pueden mejorar con una mayor participación de los peatones y conductores con el cumplimiento de las normas de tránsito, evitando paros innecesarios en el sistema que no permitan el paso de vehículos y que disminuya la velocidad promedio de estos.

6.1 Recomendaciones.

1. Es necesario que al levantar las primeras informaciones se tenga en cuenta las condiciones de transpirabilidad, el mismo que debe estar de acuerdo a reglamentos de tránsito, las señalizaciones tanto vertical como horizontal.
2. Se requiere que el ente encargado del sistema cuente con personal altamente calificado.
3. Es necesario un mantenimiento periódico del sistema de enlace de la red.
4. Es necesario un mantenimiento a los sistemas de conteo de vehículos en las intersecciones.
5. Contar con un sistema de energía eléctrica alterna, para casos de interrupción del servicio de energía eléctrica, este sistema alterno debe de estar sincronizado.
6. Dotar de un sistema de seguridad al enlace inalámbricos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Sistema controlado por radiofrecuencia para semáforos inteligentes. disponible en <http://sicrasis.blogspot.com/2012/03/justificacion-y-antecedentes.html>. (martes 6 de marzo 2012).
2. Los Semáforos. Disponible en <http://www.slideshare.net/LadyTefa009/los-semforos>. (14-06-2012)
3. Reglamento de Tránsito. Organismo Ejecutivo Ministerio de Gobernación. Guatemala. 22 de mayo 1198. Disponible en la <http://www.ati.com.gt/reglamento-transito.pdf>
4. Semáforos. Capitulo 7. Disponible en http://www.medellin.gov.co/transito/archivos/tecnica/.../cap7_semaforos.pdf
5. Semáforos Capitulo 5. Disponible en http://www.mtc.gob.pe/portal/transportes/caminos_ferro/manual/transito/cap5/seccion5_2.htm.
6. Señalización Horizontal – Normas de Carreteras del Paraguay (MOPC) primera edición. Disponible en <http://www.mopc.gov.py/userfiles/files/Senalizacion%20Horizontal.pdf>. 2011.
7. Contenido, Secretaria de Movilidad de Bogota. http://www.movilidadbogota.gov.co/hiwebx_archivos/ideofolio/13-LogistdeMovilidad_15_35_40.pdf. (Planzer, 2001).(Álvarez Huerta, 2000).
8. Planificación de un Sistema de Transporte Moderado. Guía para la Arquitectura de un Sistema Inteligente de tránsito. Traducido por ITS (Sistema de transporte Inteligente).España. 2004.
9. Pardillo, M. José, M. (2003). "Apuntes de ingeniería de tráfico". Madrid, España. E.T.S. Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Citado por Calderon B. F. Conteo

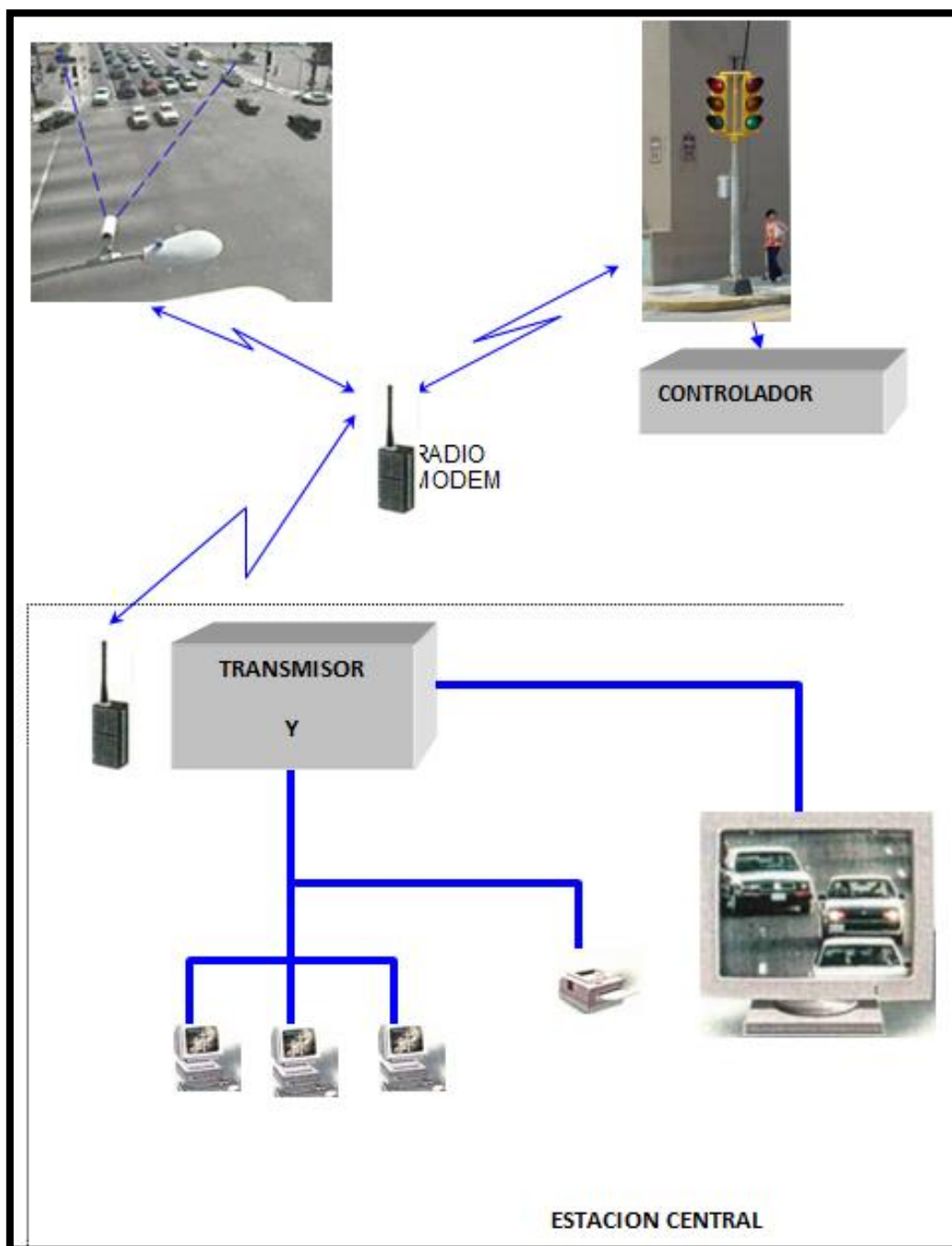
Automático de Vehículos, Tesis de Grado. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá DC. 2008.71 p.

10. Ingeniería de Transito y carreteras, Nicholas J. Garber; Lester A. Hoel, Tercera edición, Editorial THOMSON, México, 2005
11. WEBSTER, F.V.; COBBE, B. M. Traffic Signals. London, *England: Her Majesty's Stationery Office, 1966. Citados por* REVISTA CUBANA DE INGENIERÍA ISSN **2223-1781. VOL IV. N° 1 Enero - Abril 2013. La Habana, Cuba.**

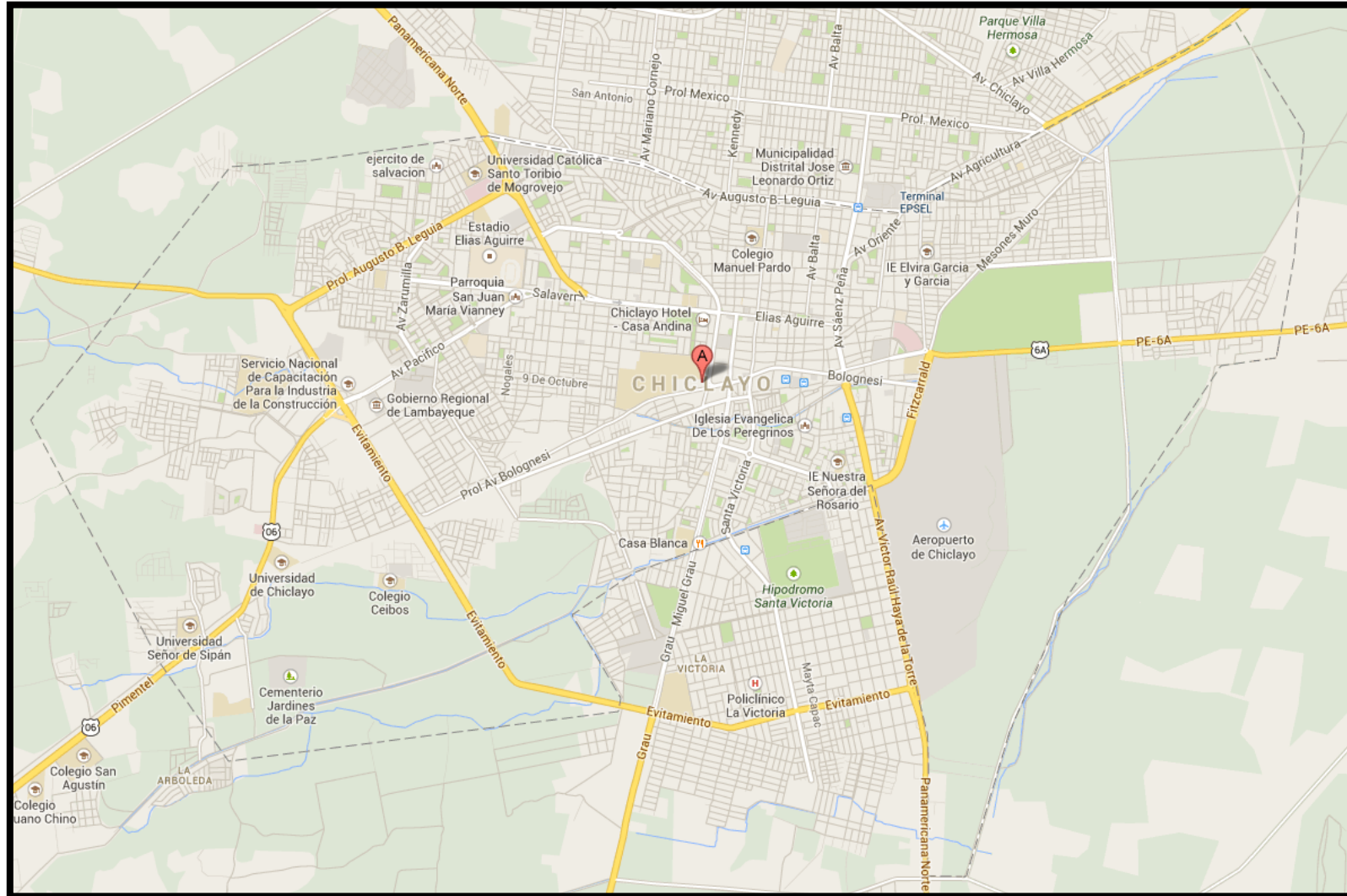
COMPARACIÓN DE DOS MÉTODOS DE DISEÑO PARA CICLOS DE SEMÁFOROS / COMPARISON OF TWO METHODS OF TRAFFIC SIGNAL DESIGN CYCLE. María Liliana Alba Menéndez; Oisy Hernández Menéndez y citado por Amelunge M.F. *Diseños, Fases y Tiempos de Semáforos. Disponible en* <http://www.slideshare.net/3kforce/semaforos-fam-presentacion> 07-07-2011
12. INGENIERÍA DE TRANSITO. Detectores elevados de datos de tránsito. Disponible en http://www.tyssatransito.com/pag_4.htm TEMA 4 - Rev. 07/enero/2008.
13. INGENIERÍA DE TRANSITO. Detectores elevados de datos de tránsito. Disponible en http://www.tyssatransito.com/pag_423.htm TEMA 4 – Rev. 11/enero/2008
14. INGENIERÍA DE TRANSITO. Detectores elevados de datos de tránsito. Disponible en http://www.tyssatransito.com/pag_411.htm TEMA 4 – Rev. 11/enero/2008
15. INGENIERÍA DE TRANSITO. Detectores elevados de datos de tránsito. Disponible en http://www.tyssatransito.com/pag_412.htm TEMA 4 – Rev. 11/enero/2008
16. INGENIERÍA DE TRANSITO. Detectores elevados de datos de tránsito. Disponible en http://www.tyssatransito.com/pag_413.htm TEMA 4 – Rev. 11/enero/2008
17. INGENIERÍA DE TRANSITO. Detectores elevados de datos de tránsito. Disponible en http://www.tyssatransito.com/pag_421.htm TEMA 4 – Rev. 11/enero/2008

18. Medios de comunicación. Disponible en http://docente.ucol.mx/al004502/public_html/redes_tarea2.htm
19. Ruben, J. F. Serie Informática de Gestión. Medios de Transmisión. Volumen I. Editorial Mc.Grawhill. Disponible en <http://www.monografias.com/trabajos17/medios-de-transmision/medios-de-transmision.shtml>
20. Reporte del parque automotor publicado el 08 de Diciembre del 2012
21. Estadísticas de proyección en base al XI Censo de Población, realizado en el 2007 – INEI.
22. *La tercera edición, publicada por el Consejo para la Investigación del Transporte TRB en 1985.*
23. Almonacid Mansilla, Oscar Manuel “Simulación Digital De Tráfico Para Intersecciones Señalizadas Por Semáforo, Bajo Ambiente Tridimensional”
http://cybertesis.ubiobio.cl/tesis/2007/almonacid_o/doc/almonacid_o.pdf
24. Rodrigo Gonzales Rivera, “Calibración de microsimulador AIMSUN para flujo ininterrumpido en la ciudad de concepción”, octubre del 2005.
25. Manual de demarcaciones Vialidad, <http://www.vialidad.gov.cl/areasde-vialidad/seguridad-vial/normas/manuales.htm#dem>.

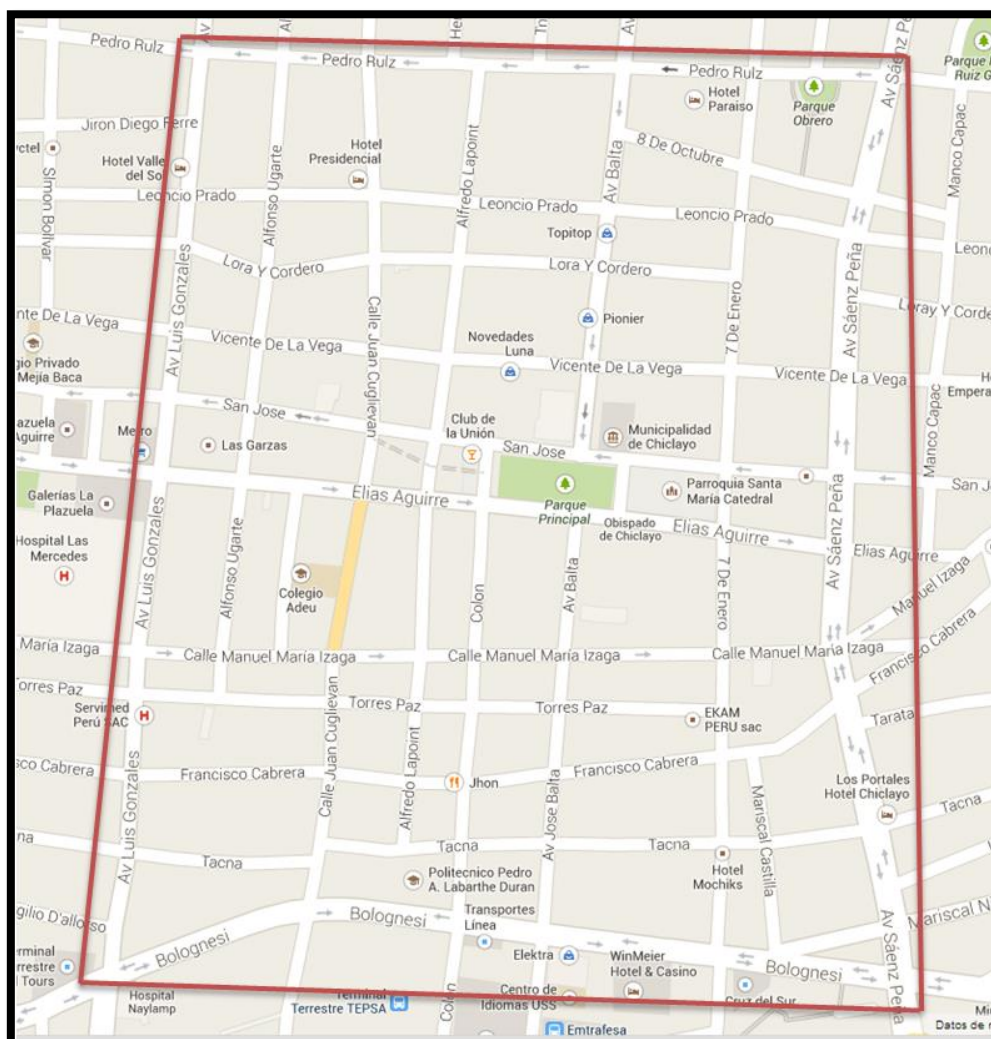
ANEXOS

ANEXO 1 *DIAGRAMA DEL PRE DISEÑO PROPUESTO*

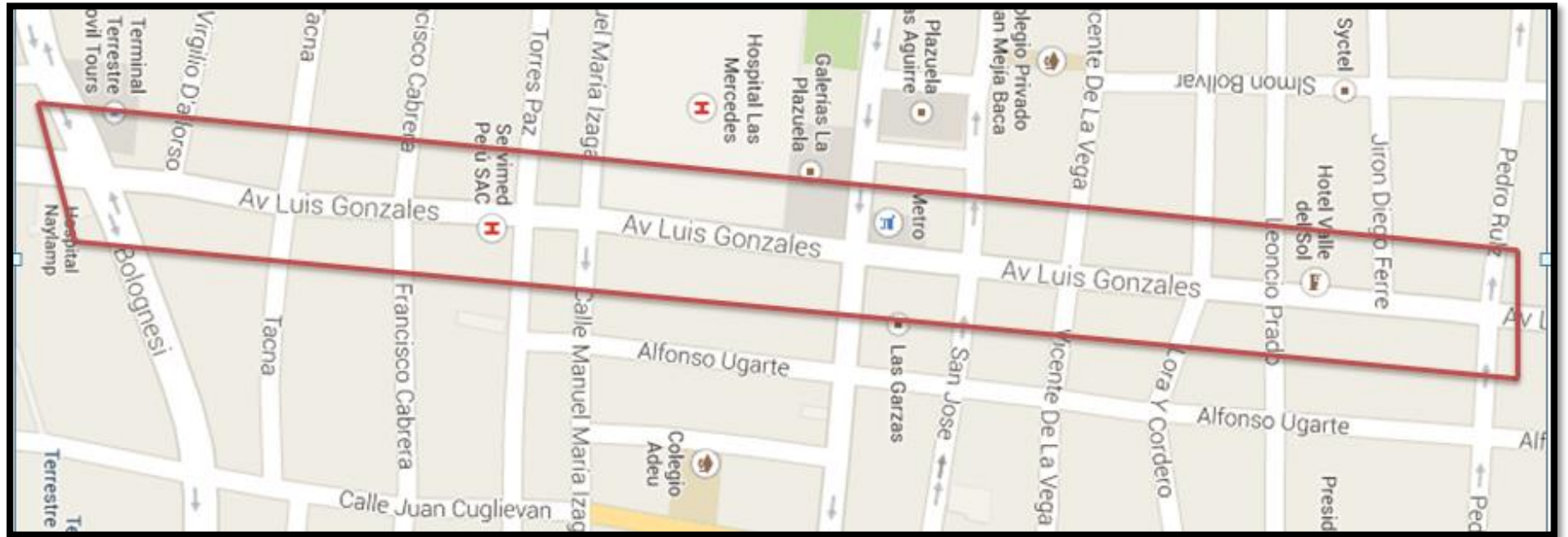
ANEXO 2 PLANO DE CHICLAYO

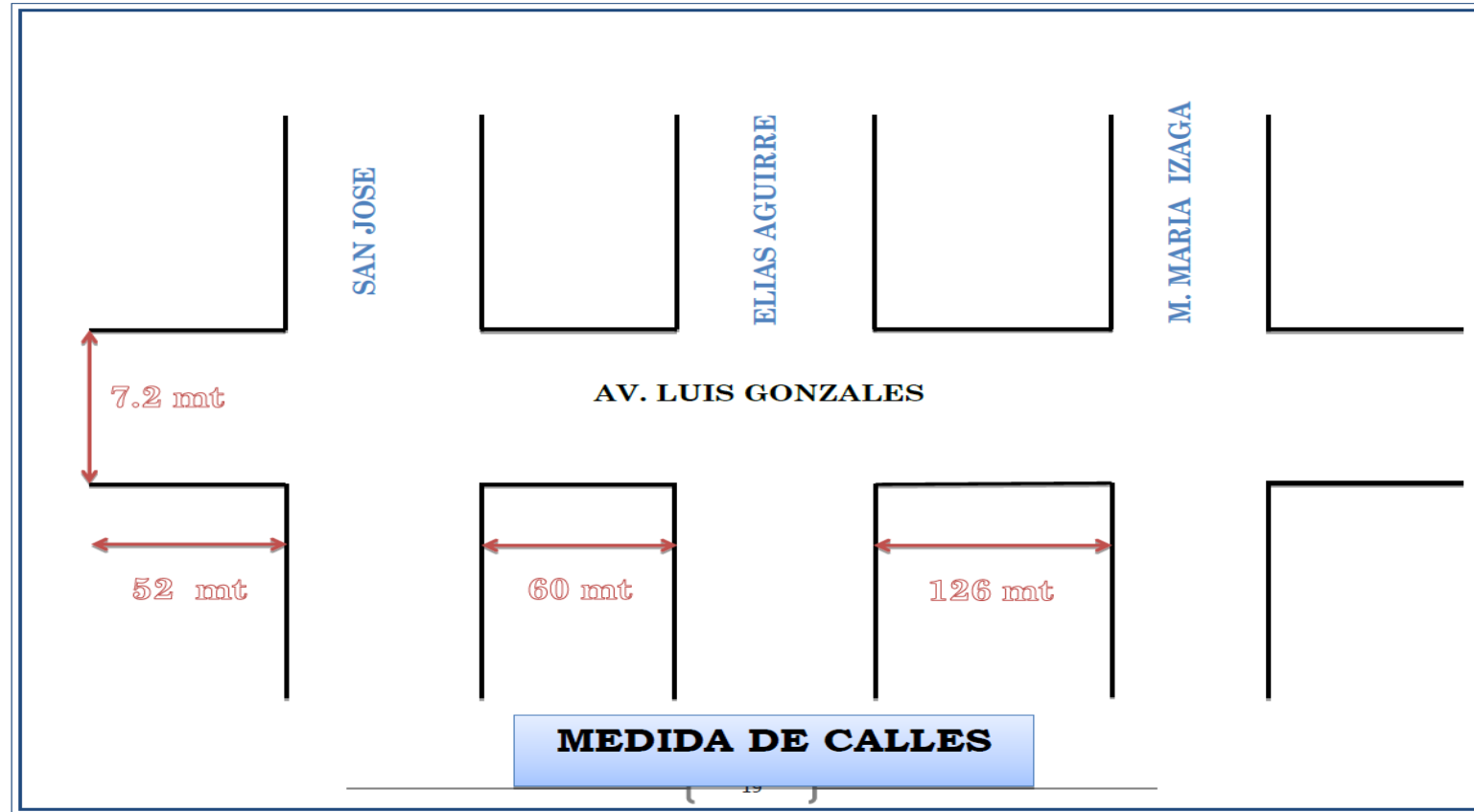


ANEXO 3 DAMERO DE LA CIUDAD DE CHICLAYO



ANEXO 4 AREA DE ESTUDIO



ANEXO 5 *MEDIDAS DE CALLES*

ANEXO 6

CODIGO GENERADO PARA LA SIMULACIÓN

* *

* Formatted Listing of Model: *

* C:\Documents and Settings\DISEÑO\Escritorio\TESIS\ENTREGA
FINAL\Prueba1.MOD *

* *

Time Units: Minutes

Distance Units: Meters

* Locations *

Name Cap Units Stats Rules Cost

primero7 1 1 Time Series Oldest, ,
segundo7 1 1 Time Series Oldest, ,
tercero7 1 1 Time Series Oldest, ,
cuarto7 1 1 Time Series Oldest, ,
sem16 1 1 Time Series Oldest, ,
sem17 1 1 Time Series Oldest, ,
sem19 1 1 Time Series Oldest, ,
sem20 1 1 Time Series Oldest, ,
cra_15y16 13 1 Time Series Oldest, ,
cra__16y17 13 1 Time Series Oldest, ,
cra_19y17 24 1 Time Series Oldest, ,
cra_20y19 13 1 Time Series Oldest, ,
calle16 13 1 Time Series Oldest, ,
calle17 13 1 Time Series Oldest, ,
calle19 13 1 Time Series Oldest, ,
calle20 13 1 Time Series Oldest, ,
salida16 1 1 Time Series Oldest, ,
salida17 1 1 Time Series Oldest, ,
salida19 1 1 Time Series Oldest, ,
salida20 1 1 Time Series Oldest, ,
salida7 1 1 Time Series Oldest, ,
86

* Usage downtimes for Locations *

Loc Frequency First Time Priority Logic

primero7 16 sec 0 WAIT 25 sec
segundo7 16 sec WAIT 25 sec
tercero7 28 sec WAIT 43 sec
cuarto7 28 sec WAIT 43 sec
sem16 16 sec 25 sec WAIT 25 sec
sem17 16 sec 25 sec WAIT 25 sec
sem19 28 sec 43 sec WAIT 43 sec
sem20 18 sec 28 sec WAIT 28 sec

* Entities *

Name Speed (mpm) Stats Cost

Carro 500 Time Series

Camioneta 500 Time Series

camion 300 Time Series

* Path Networks *

Name Type T/S From To BI Dist/Time Speed Factor

recorridos Passing Speed & Distance N1 N2 Uni 1 1

N2 N3 Uni 95 1

N3 N4 Uni 1 1

N4 N5 Uni 170 1

N5 N6 Uni 1 1

N6 N7 Uni 93 1

N7 N8 Uni 1 1

N8 N9 Uni 38 1

N2 N10 Uni 95 1

N4 N11 Uni 35 1

N6 N12 Uni 95 1

N8 N13 Uni 95 1

N14 N15 Uni 1 1

N15 N10 Uni 50 1

N15 N3 Uni 95 1

N16 N17 Uni 1 1

N17 N11 Uni 35 1

N17 N5 Uni 170 1

N18 N19 Uni 1 1

N19 N12 Uni 70 1

N19 N7 Uni 95 1

N20 N21 Uni 1 1

N21 N13 Uni 70 1

N21 N9 Uni 60 1

* Interfaces *

Net Node Location

recorridos N1 cra_15y16

N2 primero7

N3 cra__16y17

N4 segundo7

N5 cra_19y17

N6 tercero7

N7 cra_20y19

N8 cuarto7

N9 salida7

N10 salida16

N11 salida17
 N12 salida19
 N13 salida20
 N14 calle16
 N15 sem16
 N16 calle17
 N17 sem17
 N18 calle19
 N19 sem19
 N20 calle20
 N21 sem20

* Processing *

Process Routing

Entity Location Operation Blk Output Destination Rule Move Logic

```
-----
Carro cra_15y16 INC Cola_15y16
Tiempo_rec_carro = CLOCK( MIN)
WAIT 9 sec 1 Carro primero7 FIRST 1 MOVE ON recorridos
Carro primero7 1 Carro cra__16y17 0.760000 1 DEC Cola_15y16
MOVE ON recorridos
Carro salida16 0.240000 DEC Cola_15y16
MOVE ON recorridos
Carro salida16 1 Carro EXIT FIRST 1 LOG "Salida16",
Tiempo_rec_carro
Carro cra__16y17 INC Cola_17y16
WAIT 9 sec 1 Carro segundo7 FIRST 1 MOVE ON recorridos
Carro segundo7 1 Carro cra_19y17 0.770000 1 DEC Cola_17y16
MOVE ON recorridos
Carro salida17 0.230000 DEC Cola_17y16
MOVE ON recorridos
Carro salida17 1 Carro EXIT FIRST 1 LOG "Salida17",
Tiempo_rec_carro
Carro cra_19y17 INC Cola_19y17
WAIT 5 sec 1 Carro tercero7 FIRST 1 MOVE ON recorridos
Carro tercero7 1 Carro cra_20y19 0.800000 1 DEC Cola_19y17
MOVE ON recorridos
Carro salida19 0.200000 DEC Cola_19y17
MOVE ON recorridos
Carro salida19 1 Carro EXIT FIRST 1 LOG "Salida19",
Tiempo_rec_carro
Carro cra_20y19 INC Cola_20y19
WAIT 5 sec 1 Carro cuarto7 FIRST 1 MOVE ON recorridos
Carro cuarto7 1 Carro salida7 0.780000 1 DEC Cola_20y19
MOVE ON recorridos
Carro salida20 0.220000 DEC Cola_20y19
MOVE ON recorridos
Carro salida20 1 Carro EXIT FIRST 1 LOG "Salida20",
Tiempo_rec_carro
Carro salida7 1 Carro EXIT FIRST 1 LOG "Salida7",
Tiempo_rec_carro
```

```

Carro calle16 INC Cola_16_7y6
Tiempo_rec_carro = CLOCK( MIN)
WAIT 9 sec 1 Carro sem16 FIRST 1 MOVE ON recorridos
Carro sem16 1 Carro cra__16y17 0.260000 1 DEC Cola_16_7y6
MOVE ON recorridos
Carro salida16 0.740000 DEC Cola_16_7y6
MOVE ON recorridos
Carro calle17 INC Cola_17_8y7
Tiempo_rec_carro = CLOCK( MIN)
WAIT 9 sec 1 Carro sem17 FIRST 1 MOVE ON recorridos
Carro sem17 1 Carro cra_19y17 0.520000 1 DEC Cola_17_8y7
MOVE ON recorridos
Carro salida17 0.480000 DEC Cola_17_8y7
MOVE ON recorridos
Carro calle19 INC Cola_19_8y7
Tiempo_rec_carro = CLOCK( MIN)
WAIT 5 sec 1 Carro sem19 FIRST 1 MOVE ON recorridos
Carro sem19 1 Carro cra_20y19 0.370000 1 DEC Cola_19_8y7
MOVE ON recorridos
Carro salida19 0.630000 DEC Cola_19_8y7
MOVE ON recorridos
Carro calle20 INC Cola_20_7y6
Tiempo_rec_carro = CLOCK( MIN)
WAIT 5 sec 1 Carro sem20 FIRST 1 MOVE ON recorridos
Carro sem20 1 Carro salida20 0.580000 1 DEC Cola_20_7y6
MOVE ON recorridos
Carro salida7 0.420000 DEC Cola_20_7y6
MOVE ON recorridos
Camioneta cra_15y16 INC Cola_15y16
Tiempo_rec_camioneta = CLOCK( MIN)
WAIT 9 sec 1 Camioneta primero7 FIRST 1 MOVE ON
recorridos
Camioneta primero7 1 Camioneta cra__16y17 0.760000 1 DEC
Cola_15y16
MOVE ON recorridos
Camioneta salida16 0.240000 DEC Cola_15y16
MOVE ON recorridos
Camioneta salida16 1 Camioneta EXIT FIRST 1 LOG "Salida16",
Tiempo_rec_camioneta
Camioneta cra__16y17 INC Cola_17y16
WAIT 9 sec 1 Camioneta segundo7 FIRST 1 MOVE ON
recorridos
Camioneta segundo7 1 Camioneta cra_19y17 0.770000 1 DEC
Cola_17y16
MOVE ON recorridos
Camioneta salida17 0.230000 DEC Cola_17y16
MOVE ON recorridos
Camioneta salida17 1 Camioneta EXIT FIRST 1 LOG "Salida17",
Tiempo_rec_camioneta
Camioneta cra_19y17 INC Cola_19y17
WAIT 5 sec 1 Camioneta tercero7 FIRST 1 MOVE ON
recorridos

```

Camioneta tercero7 1 Camioneta cra_20y19 0.800000 1 DEC
 Cola_19y17
 MOVE ON recorridos
 Camioneta salida19 0.200000 DEC Cola_19y17
 MOVE ON recorridos
 Camioneta salida19 1 Camioneta EXIT FIRST 1 LOG "Salida19",
 Tiempo_rec_camioneta
 Camioneta cra_20y19 INC Cola_20y19
 WAIT 5 sec 1 Camioneta cuarto7 FIRST 1 MOVE ON
 recorridos
 Camioneta cuarto7
 1 Camioneta salida7 0.780000 1 DEC Cola_20y19
 MOVE ON recorridos
 Camioneta salida20 0.220000 DEC Cola_20y19
 MOVE ON recorridos
 Camioneta salida20 1 Camioneta EXIT FIRST 1 LOG "Salida20",
 Tiempo_rec_camioneta
 Camioneta salida7 1 Camioneta EXIT FIRST 1 LOG "Salida7",
 Tiempo_rec_camioneta
 Camioneta calle16 INC Cola_16_7y6
 Tiempo_rec_camioneta = CLOCK(MIN)
 WAIT 9 sec 1 Camioneta sem16 FIRST 1 MOVE ON
 recorridos
 Camioneta sem16 1 Camioneta cra__16y17 0.260000 1 DEC
 Cola_16_7y6
 MOVE ON recorridos
 Camioneta salida16 0.740000 DEC Cola_16_7y6
 MOVE ON recorridos
 Camioneta calle17 INC Cola_17_8y7
 Tiempo_rec_camioneta = CLOCK(MIN)
 WAIT 9 sec 1 Camioneta sem17 FIRST 1 MOVE ON
 recorridos
 Camioneta sem17 1 Camioneta cra_19y17 0.520000 1 DEC
 Cola_17_8y7
 MOVE ON recorridos
 Camioneta salida17 0.480000 DEC Cola_17_8y7
 MOVE ON recorridos
 Camioneta calle19 INC Cola_19_8y7
 Tiempo_rec_camioneta = CLOCK(MIN)
 WAIT 5 sec 1 Camioneta sem19 FIRST 1 MOVE ON
 recorridos
 Camioneta sem19 1 Camioneta cra_20y19 0.370000 1 DEC
 Cola_19_8y7
 MOVE ON recorridos
 Camioneta salida19 0.630000 DEC Cola_19_8y7
 MOVE ON recorridos
 Camioneta calle20 INC Cola_20_7y6
 Tiempo_rec_camioneta = CLOCK(MIN)
 WAIT 5 sec 1 Camioneta sem20 FIRST 1 MOVE ON
 recorridos
 Camioneta sem20 1 Camioneta salida20 0.580000 1 DEC
 Cola_20_7y6

```

MOVE ON recorridos
Camioneta salida7 0.420000 DEC Cola_20_7y6
MOVE ON recorridos
camion cra_15y16 INC Cola_15y16
Tiempo_rec_camion = CLOCK( MIN)
WAIT 9 sec 1 camion primero7 FIRST 1 MOVE ON
recorridos
camion primero7 1 camion cra__16y17 0.760000 1 DEC Cola_15y16
MOVE ON recorridos
camion salida16 0.240000 DEC Cola_15y16
MOVE ON recorridos
camion salida16 1 camion EXIT FIRST 1 LOG "Salida16",
Tiempo_rec_camion
camion cra__16y17 INC Cola_17y16
WAIT 9 sec 1 camion segundo7 FIRST 1 MOVE ON
recorridos
camion segundo7 1 camion cra_19y17 0.770000 1 DEC Cola_17y16
MOVE ON recorridos
camion salida17 0.230000 DEC Cola_17y16
MOVE ON recorridos
camion salida17 1 camion EXIT FIRST 1 LOG "Salida17",
Tiempo_rec_camion
camion cra_19y17 INC Cola_19y17
WAIT 5 sec 1 camion tercero7 FIRST 1 MOVE ON recorridos
camion tercero7 1 camion cra_20y19 0.800000 1 DEC Cola_19y17
MOVE ON recorridos
camion salida19 0.200000 DEC Cola_19y17
MOVE ON recorridos
camion salida19 1 camion EXIT FIRST 1 LOG "Salida19",
Tiempo_rec_camion
camion cra_20y19 INC Cola_20y19
WAIT 5 sec 1 camion cuarto7 FIRST 1 MOVE ON recorridos
camion cuarto7 1 camion salida7 0.780000 1 DEC Cola_20y19
MOVE ON recorridos
camion salida20 0.220000 DEC Cola_20y19
MOVE ON recorridos
camion salida20 1 camion EXIT FIRST 1 LOG "Salida20",
Tiempo_rec_camion
camion salida7 1 camion EXIT FIRST 1 LOG "Salida7",
Tiempo_rec_camion
camion calle16 INC Cola_16_7y6
Tiempo_rec_camion = CLOCK( MIN)
WAIT 9 sec 1 camion sem16 FIRST 1 MOVE ON recorridos
camion sem16 1 camion cra__16y17 0.260000 1 DEC
Cola_16_7y6
MOVE ON recorridos
camion salida16 0.740000 DEC Cola_16_7y6
MOVE ON recorridos
camion calle17 INC Cola_17_8y7
Tiempo_rec_camion = CLOCK( MIN)
WAIT 9 sec 1 camion sem17 FIRST 1 MOVE ON recorridos
camion sem17 1 camion cra_19y17 0.520000 1 DEC Cola_17_8y7

```

```

MOVE ON recorridos
camion salida17 0.480000 DEC Cola_17_8y7
MOVE ON recorridos
camion calle19 INC Cola_19_8y7
Tiempo_rec_camion = CLOCK( MIN)
WAIT 5 sec 1 camion sem19 FIRST 1 MOVE ON recorridos
camion sem19 1 camion cra_20y19 0.370000 1 DEC Cola_19_8y7
MOVE ON recorridos
camion salida19 0.630000 DEC Cola_19_8y7
MOVE ON recorridos
camion calle20 INC Cola_20_7y6
Tiempo_rec_camion = CLOCK( MIN)
WAIT 5 sec 1 camion sem20 FIRST 1 MOVE ON recorridos
camion sem20 1 camion salida20 0.580000 1 DEC Cola_20_7y6
MOVE ON recorridos
camion salida7 0.420000 DEC Cola_20_7y6
MOVE ON recorridos

```

* Arrivals *

Entity Location Qty Each First Time Occurrences Frequency Logic

```

Carro cra_15y16 P(1) 0 INF E(0.155)
Carro calle16 P(1) 0 INF E(0.178)
Carro calle17 P(1) 0 INF E(0.198)
Carro calle19 P(1) 0 INF E(0.137)
Carro calle20 P(1) 0 INF E(0.143)
Camioneta cra_15y16 P(1) 0 INF E(0.932)
Camioneta calle16 P(1) 0 INF E(1.072)
Camioneta calle17 P(1) 0 INF E(1.190)
Camioneta calle19 P(1) 0 INF E(0.824)
Camioneta calle20 P(1) 0 INF E(0.857)
camion cra_15y16 P(1) 0 INF E(6.536)
camion calle16 P(1) 0 INF E(7.519)
camion calle17 P(1) 0 INF E(8.333)
camion calle19 P(1) 0 INF E(5.780)
camion calle20 P(1) 0 INF E(6.024)

```

* Attributes *

ID Type Classification

```

Tiempo_rec_carro Real Entity
Tiempo_rec_camioneta Real Entity
Tiempo_rec_camion Real Entity

```

* Variables (global) *

ID Type Initial value Stats

Cola_15y16 Integer 0 Time Series
 Cola_17y16 Integer 0 Time Series
 Cola_19y17 Integer 0 Time Series
 Cola_20y19 Integer 0 Time Series
 Cola_16_7y6 Integer 0 Time Series
 Cola_17_8y7 Integer 0 Time Series
 Cola_19_8y7 Integer 0 Time Series
 Cola_20_7y6 Integer 0 Time Series

* Subroutines *

ID Type Parameter Type Logic

Sub1 Integer

* *

* Formatted Listing of Model: *

* C:\Documents and Settings\DISEÑO\Escritorio\TESIS\ENTREGA

FINAL\Prueba2.MOD *

* *

Time Units: Minutes

Distance Units: Meters

* Locations *

Name Cap Units Stats Rules Cost

primero7 1 1 Time Series Oldest, ,

segundo7 1 1 Time Series Oldest, ,

tercero7 1 1 Time Series Oldest, ,

cuarto7 1 1 Time Series Oldest, ,

sem16 1 1 Time Series Oldest, ,

sem17 1 1 Time Series Oldest, ,

sem19 1 1 Time Series Oldest, ,

sem20 1 1 Time Series Oldest, ,

cra_15y16 13 1 Time Series Oldest, ,

cra__16y17 13 1 Time Series Oldest, ,
 cra_19y17 24 1 Time Series Oldest, ,
 cra_20y19 13 1 Time Series Oldest, ,
 calle16 13 1 Time Series Oldest, ,
 calle17 13 1 Time Series Oldest, ,
 calle19 13 1 Time Series Oldest, ,
 calle20 13 1 Time Series Oldest, ,
 salida16 1 1 Time Series Oldest, ,
 salida17 1 1 Time Series Oldest, ,
 salida19 1 1 Time Series Oldest, ,
 salida20 1 1 Time Series Oldest, ,
 salida7 1 1 Time Series Oldest, ,

* Usage downtimes for Locations *

Loc Frequency First Time Priority Logic

primero7 16 sec 30 sec WAIT 25 sec
 segundo7 16 sec 20 sec WAIT 25 sec
 tercero7 28 sec 10 sec WAIT 43 sec
 cuarto7 28 sec WAIT 43 sec
 sem16 16 sec 55 sec WAIT 25 sec
 sem17 16 sec 45 sec WAIT 25 sec
 sem19 28 sec 53 sec WAIT 43 sec
 sem20 18 sec 28 sec WAIT 28 sec

* Entities *

Name Speed (mpm) Stats Cost

Carro 500 Time Series

Camioneta 500 Time Series

camion 300 Time Series

* Path Networks *

Name Type T/S From To BI Dist/Time Speed Factor

recorridos Passing Speed & Distance N1 N2 Uni 1 1

N2 N3 Uni 95 1

N3 N4 Uni 1 1

N4 N5 Uni 170 1

N5 N6 Uni 1 1

N6 N7 Uni 93 1

N7 N8 Uni 1 1

N8 N9 Uni 38 1

N2 N10 Uni 95 1

N4 N11 Uni 35 1

N6 N12 Uni 95 1

N8 N13 Uni 95 1

N14 N15 Uni 1 1

N15 N10 Uni 50 1

N15 N3 Uni 95 1

N16 N17 Uni 1 1

N17 N11 Uni 35 1

N17 N5 Uni 170 1

N18 N19 Uni 1 1

N19 N12 Uni 70 1

N19 N7 Uni 95 1

N20 N21 Uni 1 1

N21 N13 Uni 70 1

N21 N9 Uni 60 1

* Interfaces *

Net Node Location

recorridos N1 cra_15y16

N2 primero7
 N3 cra__16y17
 N4 segundo7
 N5 cra_19y17
 N6 tercero7
 N7 cra_20y19
 N8 cuarto7
 N9 salida7
 N10 salida16
 N11 salida17
 N12 salida19
 N13 salida20
 N14 calle16
 N15 sem16
 N16 calle17
 N17 sem17
 N18 calle19
 N19 sem19
 N20 calle20
 N21 sem20

* Processing *

Process Routing

Entity Location Operation Blk Output Destination Rule Move Logic

Carro cra_15y16 INC Cola_15y16

Tiempo_rec_carro = CLOCK(MIN)

WAIT 9 sec 1 Carro primero7 FIRST 1 MOVE ON recorridos

Carro primero7 1 Carro cra__16y17 0.760000 1 DEC Cola_15y16

MOVE ON recorridos

Carro salida16 0.240000 DEC Cola_15y16

MOVE ON recorridos

Carro salida16 1 Carro EXIT FIRST 1 LOG "Salida16",

Tiempo_rec_carro
 Carro cra__16y17 INC Cola_17y16
 WAIT 9 sec 1 Carro segundo7 FIRST 1 MOVE ON recorridos
 Carro segundo7 1 Carro cra_19y17 0.770000 1 DEC Cola_17y16
 MOVE ON recorridos
 Carro salida17 0.230000 DEC Cola_17y16
 MOVE ON recorridos
 Carro salida17 1 Carro EXIT FIRST 1 LOG "Salida17",
 Tiempo_rec_carro
 Carro cra_19y17 INC Cola_19y17
 WAIT 5 sec 1 Carro tercero7 FIRST 1 MOVE ON recorridos
 Carro tercero7 1 Carro cra_20y19 0.800000 1 DEC Cola_19y17
 MOVE ON recorridos
 Carro salida19 0.200000 DEC Cola_19y17
 MOVE ON recorridos
 Carro salida19 1 Carro EXIT FIRST 1 LOG "Salida19",
 Tiempo_rec_carro
 Carro cra_20y19 INC Cola_20y19
 WAIT 5 sec 1 Carro cuarto7 FIRST 1 MOVE ON recorridos
 Carro cuarto7 1 Carro salida7 0.780000 1 DEC Cola_20y19
 MOVE ON recorridos
 Carro salida20 0.220000 DEC Cola_20y19
 MOVE ON recorridos
 Carro salida20 1 Carro EXIT FIRST 1 LOG "Salida20",
 Tiempo_rec_carro
 Carro salida7 1 Carro EXIT FIRST 1 LOG "Salida7",
 Tiempo_rec_carro
 Carro calle16 INC Cola_16_7y6
 Tiempo_rec_carro = CLOCK(MIN)
 WAIT 9 sec 1 Carro sem16 FIRST 1 MOVE ON recorridos
 Carro sem16 1 Carro cra__16y17 0.260000 1 DEC Cola_16_7y6
 MOVE ON recorridos
 Carro salida16 0.740000 DEC Cola_16_7y6
 MOVE ON recorridos

Carro calle17 INC Cola_17_8y7
 Tiempo_rec_carro = CLOCK(MIN)
 WAIT 9 sec 1 Carro sem17 FIRST 1 MOVE ON recorridos
 Carro sem17 1 Carro cra_19y17 0.520000 1 DEC Cola_17_8y7
 MOVE ON recorridos
 Carro salida17 0.480000 DEC Cola_17_8y7
 MOVE ON recorridos
 Carro calle19 INC Cola_19_8y7
 Tiempo_rec_carro = CLOCK(MIN)
 WAIT 5 sec 1 Carro sem19 FIRST 1 MOVE ON recorridos
 Carro sem19 1 Carro cra_20y19 0.370000 1 DEC Cola_19_8y7
 MOVE ON recorridos
 Carro salida19 0.630000 DEC Cola_19_8y7
 MOVE ON recorridos
 Carro calle20 INC Cola_20_7y6
 Tiempo_rec_carro = CLOCK(MIN)
 WAIT 5 sec 1 Carro sem20 FIRST 1 MOVE ON recorridos
 Carro sem20 1 Carro salida20 0.580000 1 DEC Cola_20_7y6
 MOVE ON recorridos
 Carro salida7 0.420000 DEC Cola_20_7y6
 MOVE ON recorridos
 Camioneta cra_15y16 INC Cola_15y16
 Tiempo_rec_camioneta = CLOCK(MIN)
 WAIT 9 sec 1 Camioneta primero7 FIRST 1 MOVE ON
 recorridos
 Camioneta primero7 1 Camioneta cra__16y17 0.760000 1 DEC
 Cola_15y16
 MOVE ON recorridos
 Camioneta salida16 0.240000 DEC Cola_15y16
 MOVE ON recorridos
 Camioneta salida16 1 Camioneta EXIT FIRST 1 LOG "Salida16",
 Tiempo_rec_camioneta
 Camioneta cra__16y17 INC Cola_17y16
 WAIT 9 sec 1 Camioneta segundo7 FIRST 1 MOVE ON

recorridos

Camioneta segundo7 1 Camioneta cra_19y17 0.770000 1 DEC

Cola_17y16

MOVE ON recorridos

Camioneta salida17 0.230000 DEC Cola_17y16

MOVE ON recorridos

Camioneta salida17 1 Camioneta EXIT FIRST 1 LOG "Salida17",
Tiempo_rec_camioneta

Camioneta cra_19y17 INC Cola_19y17

WAIT 5 sec 1 Camioneta tercero7 FIRST 1 MOVE ON
recorridos

Camioneta tercero7 1 Camioneta cra_20y19 0.800000 1 DEC
Cola_19y17

MOVE ON recorridos

Camioneta salida19 0.200000 DEC Cola_19y17

MOVE ON recorridos

Camioneta salida19 1 Camioneta EXIT FIRST 1 LOG "Salida19",
Tiempo_rec_camioneta

Camioneta cra_20y19 INC Cola_20y19

WAIT 5 sec 1 Camioneta cuarto7 FIRST 1 MOVE ON
recorridos

Camioneta cuarto7

1 Camioneta salida7 0.780000 1 DEC Cola_20y19

MOVE ON recorridos

Camioneta salida20 0.220000 DEC Cola_20y19

MOVE ON recorridos

Camioneta salida20 1 Camioneta EXIT FIRST 1 LOG "Salida20",
Tiempo_rec_camioneta

Camioneta salida7 1 Camioneta EXIT FIRST 1 LOG "Salida7",
Tiempo_rec_camioneta

Camioneta calle16 INC Cola_16_7y6

Tiempo_rec_camioneta = CLOCK(MIN)

WAIT 9 sec 1 Camioneta sem16 FIRST 1 MOVE ON
recorridos

Camioneta sem16 1 Camioneta cra__16y17 0.260000 1 DEC
 Cola_16_7y6
 MOVE ON recorridos
 Camioneta salida16 0.740000 DEC Cola_16_7y6
 MOVE ON recorridos
 Camioneta calle17 INC Cola_17_8y7
 Tiempo_rec_camioneta = CLOCK(MIN)
 WAIT 9 sec 1 Camioneta sem17 FIRST 1 MOVE ON
 recorridos
 Camioneta sem17 1 Camioneta cra_19y17 0.520000 1 DEC
 Cola_17_8y7
 MOVE ON recorridos
 Camioneta salida17 0.480000 DEC Cola_17_8y7
 MOVE ON recorridos
 Camioneta calle19 INC Cola_19_8y7
 Tiempo_rec_camioneta = CLOCK(MIN)
 WAIT 5 sec 1 Camioneta sem19 FIRST 1 MOVE ON
 recorridos
 Camioneta sem19 1 Camioneta cra_20y19 0.370000 1 DEC
 Cola_19_8y7
 MOVE ON recorridos
 Camioneta salida19 0.630000 DEC Cola_19_8y7
 MOVE ON recorridos
 Camioneta calle20 INC Cola_20_7y6
 Tiempo_rec_camioneta = CLOCK(MIN)
 WAIT 5 sec 1 Camioneta sem20 FIRST 1 MOVE ON
 recorridos
 Camioneta sem20 1 Camioneta salida20 0.580000 1 DEC
 Cola_20_7y6
 MOVE ON recorridos
 Camioneta salida7 0.420000 DEC Cola_20_7y6
 MOVE ON recorridos
 camion cra_15y16 INC Cola_15y16
 Tiempo_rec_camion = CLOCK(MIN)

WAIT 9 sec 1 camion primero7 FIRST 1 MOVE ON
 recorridos
 camion primero7 1 camion cra__16y17 0.760000 1 DEC Cola_15y16
 MOVE ON recorridos
 camion salida16 0.240000 DEC Cola_15y16
 MOVE ON recorridos
 camion salida16 1 camion EXIT FIRST 1 LOG "Salida16",
 Tiempo_rec_camion
 camion cra__16y17 INC Cola_17y16
 WAIT 9 sec 1 camion segundo7 FIRST 1 MOVE ON
 recorridos
 camion segundo7 1 camion cra_19y17 0.770000 1 DEC Cola_17y16
 MOVE ON recorridos
 camion salida17 0.230000 DEC Cola_17y16
 MOVE ON recorridos
 camion salida17 1 camion EXIT FIRST 1 LOG "Salida17",
 Tiempo_rec_camion
 camion cra_19y17 INC Cola_19y17
 WAIT 5 sec 1 camion tercero7 FIRST 1 MOVE ON recorridos
 camion tercero7 1 camion cra_20y19 0.800000 1 DEC Cola_19y17
 MOVE ON recorridos
 camion salida19 0.200000 DEC Cola_19y17
 MOVE ON recorridos
 camion salida19 1 camion EXIT FIRST 1 LOG "Salida19",
 Tiempo_rec_camion
 camion cra_20y19 INC Cola_20y19
 WAIT 5 sec 1 camion cuarto7 FIRST 1 MOVE ON recorridos
 camion cuarto7 1 camion salida7 0.780000 1 DEC Cola_20y19
 MOVE ON recorridos
 camion salida20 0.220000 DEC Cola_20y19
 MOVE ON recorridos
 camion salida20 1 camion EXIT FIRST 1 LOG "Salida20",
 Tiempo_rec_camion
 camion salida7 1 camion EXIT FIRST 1 LOG "Salida7",

Tiempo_rec_camion

camion calle16 INC Cola_16_7y6

Tiempo_rec_camion = CLOCK(MIN)

WAIT 9 sec 1 camion sem16 FIRST 1 MOVE ON recorridos

camion sem16 1 camion cra__16y17 0.260000 1 DEC

Cola_16_7y6

MOVE ON recorridos

camion salida16 0.740000 DEC Cola_16_7y6

MOVE ON recorridos

camion calle17 INC Cola_17_8y7

Tiempo_rec_camion = CLOCK(MIN)

WAIT 9 sec 1 camion sem17 FIRST 1 MOVE ON recorridos

camion sem17 1 camion cra_19y17 0.520000 1 DEC Cola_17_8y7

MOVE ON recorridos

camion salida17 0.480000 DEC Cola_17_8y7

MOVE ON recorridos

camion calle19 INC Cola_19_8y7

Tiempo_rec_camion = CLOCK(MIN)

WAIT 5 sec 1 camion sem19 FIRST 1 MOVE ON recorridos

camion sem19 1 camion cra_20y19 0.370000 1 DEC Cola_19_8y7

MOVE ON recorridos

camion salida19 0.630000 DEC Cola_19_8y7

MOVE ON recorridos

camion calle20 INC Cola_20_7y6

Tiempo_rec_camion = CLOCK(MIN)

WAIT 5 sec 1 camion sem20 FIRST 1 MOVE ON recorridos

camion sem20 1 camion salida20 0.580000 1 DEC Cola_20_7y6

MOVE ON recorridos

camion salida7 0.420000 DEC Cola_20_7y6

MOVE ON recorridos

* Arrivals *

Entity Location Qty Each First Time Occurrences Frequency Logic

```
-----
Carro cra_15y16 P(1) 0 INF E(0.155)
Carro calle16 P(1) 0 INF E(0.178)
Carro calle17 P(1) 0 INF E(0.198)
Carro calle19 P(1) 0 INF E(0.137)
Carro calle20 P(1) 0 INF E(0.143)
Camioneta cra_15y16 P(1) 0 INF E(0.932)
Camioneta calle16 P(1) 0 INF E(1.072)
Camioneta calle17 P(1) 0 INF E(1.190)
Camioneta calle19 P(1) 0 INF E(0.824)
Camioneta calle20 P(1) 0 INF E(0.857)
camion cra_15y16 P(1) 0 INF E(6.536)
camion calle16 P(1) 0 INF E(7.519)
camion calle17 P(1) 0 INF E(8.333)
camion calle19 P(1) 0 INF E(5.780)
camion calle20 P(1) 0 INF E(6.024)
```

* Attributes *

ID Type Classification

```
-----
Tiempo_rec_carro Real Entity
Tiempo_rec_camioneta Real Entity
Tiempo_rec_camion Real Entity
```

* Variables (global) *

ID Type Initial value Stats

```
-----
Cola_15y16 Integer 0 Time Series
Cola_17y16 Integer 0 Time Series
Cola_19y17 Integer 0 Time Series
```

Cola_20y19 Integer 0 Time Series

Cola_16_7y6 Integer 0 Time Series

Cola_17_8y7 Integer 0 Time Series

Cola_19_8y7 Integer 0 Time Series

Cola_20_7y6 Integer 0 Time Series

* Subroutines *

ID Type Parameter Type Logic

Sub1 Integer

ANEXO 7

Puntos de colocación de cámaras.

Para este sistema se necesitarán 5 sensores Cámara, distribuidos en las mismas intersecciones que se encuentran ya semaforizada, tal como se especifica a continuación:

- CAMARA N°1



Figura 26 Cámara o sensor, Av. Luis Gonzales intersección con Av. Francisco Bolognesi

- CAMARA N°2

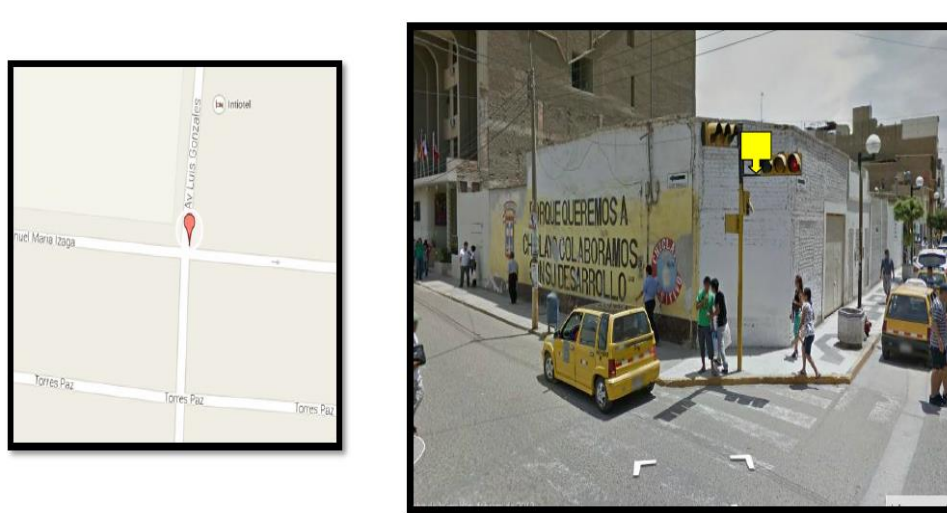


Figura 27 Cámara o sensor Av. Luis Gonzales con Calle Maria Izaga

- **CAMARA N°3**

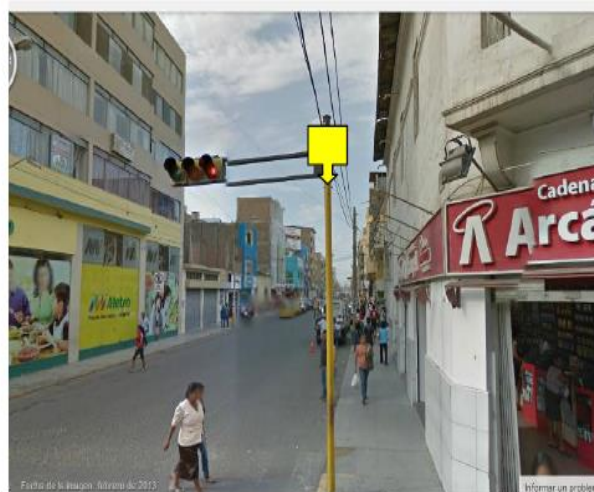


Figura 28 Cámara o sensor Av. Luis Gonzales con Calle Elias Aguirre.

- **CAMARA N°4**



Figura 29 Cámara o sensor Av. Luis Gonzales con Calle San José

- CAMARA N°5

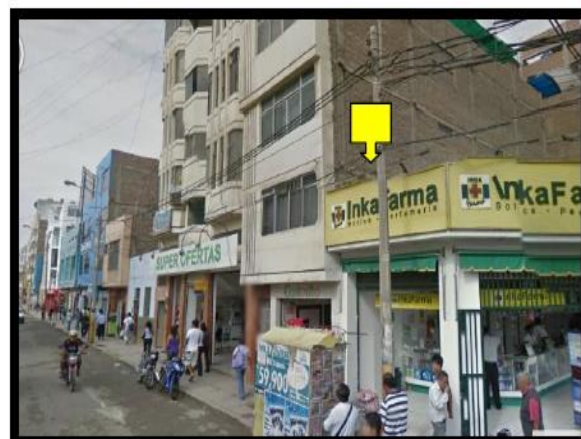


Figura 30 Cámara o sensor Av. Luis Gonzales con Calle Vicente La Vega