



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**EVALUACIÓN DEL SERVICIO VIAL, EN TRAMO DE 4 CALLE Y AVENIDA
LAS AMÉRICAS ZONA 3, QUETZALTENANGO, GUATEMALA**

Rony Gervin Gramajo Morales
Asesorado por el Ing. Alejandro Castañón López

Guatemala, agosto de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN DEL SERVICIO VIAL, EN TRAMO DE 4 CALLE Y AVENIDA
LAS AMÉRICAS ZONA 3, QUETZALTENANGO, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

RONY GERVIN GRAMAJO MORALES

ASESORADO POR EL ING. ALEJANDRO CASTAÑÓN LÓPEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, AGOSTO DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Carmen Marina Mérida Alva
EXAMINADOR	Ing. Marco Antonio García Díaz
EXAMINADOR	Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

EVALUACIÓN DEL SERVICIO VIAL, EN TRAMO DE 4 CALLE Y AVENIDA LAS AMÉRICAS ZONA 3, QUETZALTENANGO, GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 18 de mayo de 2012.



Rony Gervin Gramajo Morales



USAC
TRICENTENARIA
 Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala, 05 de mayo de 2014

Licenciado
 Manuel María Guillén Salazar
 Jefe del Departamento de Planeamiento
 Facultad de Ingeniería
 Universidad de San Carlos de Guatemala

Pr este medio hago constar que he asesorado el trabajo del estudiante **Rony Gervin Gramajo Morales**, titulado **EVALUACION DEL SERVICIO VIAL, EN TRAMO DE 4 CALLE Y AVENIDA LAS AMERICAS ZONA 3 , QUETZALTENANGO, GUATEMALA.**

Después de haber revisado y corregido dicho trabajo de graduación, considero que el mismo llena los requisitos exigidos por la Escuela de Ingeniería Civil, por lo que dejo constancia de aprobación para su autorización

Agradezco a usted la atención de la presente

Atentamente,

ALEJANDRO CASTANON LOPEZ
 Ingeniero Civil
 Colegiado 7020
 Ingeniero Civil
 Asesor

Mas de **134** años de Trabajo Académico y Mejora Continua





USAC
TRICENTENARIA
 Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>



Universidad de San Carlos de Guatemala
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 Escuela de Ingeniería Civil

Guatemala,
 07 mayo de 2014

Ingeniero
 Hugo Leonel Montenegro Franco
 Director Escuela Ingeniería Civil
 Facultad de Ingeniería
 Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **EVALUACIÓN DEL SERVICIO VIAL EN TRAMO DE 4 CALLE Y AVENIDA LAS AMERICAS ZONA 3 QUETZALTENANGO GUATEMALA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Rony Gervin Gramajo Morales, quien contó con la asesoría del Ing. Alejandro Castañón López.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑADA TODOS

Lic. Manuel María Guillén Salazar
 Jefe del Departamento de Planeamiento



FACULTAD DE INGENIERIA
 DEPARTAMENTO
 DE
 PLANEAMIENTO
 USAC

/bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





USAC
TRICENTENARIA
 Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 Escuela de Ingeniería Civil



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Alejandro Castañón López y del Jefe del Departamento de Planeamiento, Lic. Manuel María Guillén Salazar, al trabajo de graduación del estudiante Rony Gervin Gramajo Morales, titulado **EVALUACIÓN DEL SERVICIO VIAL EN TRAMO DE 4 CALLE Y AVENIDA LAS AMERICAS ZONA 3 QUETZALTENANGO, GUATEMALA**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

Hugo Leonel Montenegro Franco
 Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, julio 2014.

/bbdeb.

Mas de **134** años de Trabajo Académico y Mejora Continua

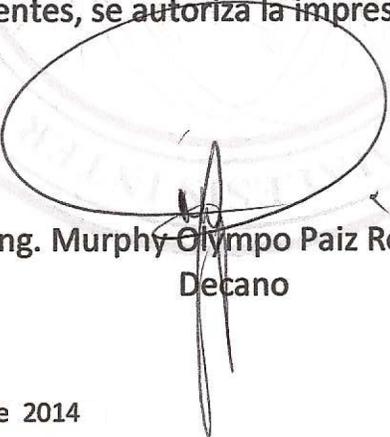




DTG. 398.2014

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **EVALUACIÓN DEL SERVICIO VIAL, EN TRAMO DE 4 CALLE Y AVENIDA LAS AMÉRICAS ZONA 3, QUETZALTENANGO, GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Rony Gervin Gramajo Morales**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 13 de agosto de 2014

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios Por ser una importante influencia en mi carrera.

Mis padres Por confiar en mí y darme su apoyo.

Mis hermanos Por estar a mi lado en los tiempos difíciles y brindarme su apoyo.

La Universidad de San Carlos de Guatemala Por ser mi casa de estudios.

AGRADECIMIENTOS A:

**La Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por ser una importante influencia en mi carrera,
entre otras cosas.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. GENERALIDADES DE LA CIUDAD DE QUETZALTENANGO	1
1.1. Extensión territorial y ubicación geográfica	1
1.2. División política.....	2
1.3. Geología	3
1.4. Orografía	3
1.5. Vulcanología	3
1.6. Suelos.....	4
1.7. Hidrología	4
1.8. Clima	5
1.9. Carreteras importantes	5
1.10. Estructura urbana	5
1.11. Ciudad actual.....	6
2. DIAGNÓSTICO ACTUAL DE LA 4 CALLE Y AVENIDA LAS AMÉRICAS ZONA 3 DE LA CIUDAD DE QUETZALTENANGO.....	9
2.1. Señalamiento y los dispositivos de control de tránsito	9
2.1.1. Diseño	10
2.1.2. Localización	10

2.1.3.	Operación.....	10
2.1.4.	Uniformidad.....	10
2.1.5.	Mantenimiento.....	11
2.2.	Tipos de señalización vial.....	11
2.2.1.	Señales verticales.....	13
2.2.2.	Señales elevadas.....	13
2.2.3.	Señales informativas.....	13
2.2.4.	Señales horizontales.....	14
2.3.	Estructura.....	15
2.4.	Ubicación.....	16
2.5.	Pintura convencional.....	17
2.5.1.	Pintura en la línea central en carretera.....	19
2.5.2.	Pintura en la línea central en calles urbanas.....	20
2.6.	Línea lateral.....	20
2.7.	Código de colores.....	21
2.8.	Situación actual de la 4 calle y avenida Las Américas.....	23
2.8.1.	Claro vertical.....	23
2.8.2.	Ángulo de colocación y visibilidad.....	25
2.8.3.	Paso de peatones.....	26
2.8.4.	Arriate de concreto entre la carretera y las áreas verdes.....	28
2.8.5.	Señalización del puente a desnivel.....	29
2.8.6.	Línea blanca divisoria entre carriles.....	30
2.8.7.	Tamaño de la leyenda y visibilidad de las señales.....	31
3.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DESCRIPTIVO DEL TRÁNSITO EN LA 4 CALLE Y AVENIDA LAS AMÉRICAS.....	35
3.1.	Generalidades del volumen vehicular.....	35

3.2.	Volumen de tránsito.....	35
3.2.1.	Unidades para medir el volumen vehicular	36
3.2.2.	Tránsito promedio diario TPD	36
3.2.3.	Tránsito promedio diario anual TPDA.....	36
3.3.	Volúmenes horarios.....	37
3.3.1.	Volumen horario máximo anual VHMA	37
3.3.2.	Volumen horario de máxima demanda VHMD.....	37
3.4.	Variación horaria del volumen de tránsito.....	38
3.4.1.	Índice medio diario anual TPDA	38
3.4.2.	Cálculo del TPDS	39
3.4.3.	Cálculo del TPDA	39
3.5.	Análisis de muestras en los semáforos	43
3.5.1.	Muestreo.....	43
3.6.	Modelo Feyman Laris Raoult - Mencos Abraham - Federico Salazar	45
3.6.1.	Probabilidad de que no haya vehículos en espera.....	45
3.6.2.	Probabilidad de no encontrar ningún vehículo.....	50
3.6.3.	Tiempo de espera de los vehículos dentro del sistema	52
3.6.4.	El número promedio esperado de vehículos en el sistema	52
3.7.	Interpretación de gráficas del flujo vehicular.....	53
4.	PROPUESTA DE MEJORAS DE LA RED VIAL DE LA 4 CALLE Y AVENIDA LAS AMÉRICAS	83
4.1.	Propuesta de mejoras en señalización	84
4.1.1.	Infraestructura	84
4.1.2.	Señalización informativa	84

4.1.3.	Señalización horizontal.....	84
4.1.4.	Señalización preventiva	85
4.1.5.	Señalización vertical.....	85
4.2.	Propuesta de mejoras en la semaforización y reprogramación	85
4.2.1.	Reprogramación de los semáforos.....	85
CONCLUSIONES.....		87
RECOMENDACIONES		89
BIBLIOGRAFÍA.....		91
APÉNDICES.....		93

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación geográfica de Quetzaltenango.....	2
2.	Claro vertical en la avenida Las Américas.....	24
3.	Altura de un alto en la salida de Torre Pradera	24
4.	Visibilidad de una señal preventiva.	25
5.	El ángulo de colocación de una señal de tránsito.....	26
6.	Paso peatonal de la 14 avenida de la zona 3.....	27
7.	Paso peatonal de la 15 avenida de la zona 3.....	27
8.	La falta de arriarte en la 16 avenida y 17 avenida zona 3.	28
9.	La falta de arriarte en la 19 avenida y 20 avenida zona 3.	28
10.	La falta de señalización del puente a desnivel.	29
11.	La falta de señalización en la entrada del puente a desnivel.	30
12.	La falta de señalización preventiva en el puente a desnivel.	30
13.	La falta de línea divisoria en el redondel en la Avenida las Américas. ...	30
14.	La falta de línea divisoria en la 15 avenida y 4a calle.....	31
15.	La señal con leyenda insuficiente en la 24 avenida.....	31
16.	La señal con leyenda insuficiente en la 5 calle zona 3.	32
17.	La falta de señalización preventiva en la 25 avenida.	32
18.	La falta de un alto en la 25 avenida.....	33
19.	El semáforo de la 14 avenida y 4 calle.	47
20.	El comportamiento de la actividad vehicular en la 14 avenida.	49
21.	Variación horaria del volumen de tránsito del lunes.	54
22.	Variación horaria del volumen de tránsito del martes.....	56
23.	Variación horaria del volumen de tránsito del miércoles.	58

24.	Variación horaria del volumen de tránsito del jueves.	60
25.	Variación horaria del volumen de tránsito del viernes.	62
26.	Variación horaria del volumen de tránsito del sábado.	64
27.	Variación horaria del volumen de tránsito del domingo.	66
28.	El comportamiento vehicular en la 14 avenida norte.	67
29.	El comportamiento vehicular en la 14 avenida sur.	68
30.	El comportamiento vehicular en la 14 avenida este.	69
31.	El comportamiento vehicular en la 14 avenida oeste.	70
32.	El comportamiento vehicular en la 15 avenida norte.	71
33.	El comportamiento vehicular en la 15 avenida sur.	72
34.	El comportamiento vehicular en la 15 avenida este.	73
35.	El comportamiento vehicular en la 15 avenida oeste.	74
36.	El comportamiento vehicular en la 19 avenida norte.	75
37.	El comportamiento vehicular en la 19 avenida sur.	76
38.	El comportamiento vehicular en la 19 avenida este.	77
39.	El comportamiento vehicular en la 19 avenida oeste.	78
40.	El comportamiento vehicular en la 24 avenida norte.	79
41.	El comportamiento vehicular en la 24 avenida sur.	80
42.	El comportamiento vehicular en la 24 avenida este.	81
43.	El comportamiento vehicular en la 24 avenida oeste.	82
44.	Croquis de la 4 calle y avenida Las Américas.	83
45.	El modelo para la semaforización de la 4 calle zona 3.	86

TABLAS

I.	Resumen del TPA.	38
II.	Resumen de los TPDS.	42
III.	Los períodos del semáforo de la 14 avenida y 4 calle.	48
IV.	La cantidad de vehículos con el semáforo en rojo.	48

V.	Datos estadísticos de la 14 avenida y 4 calle.....	49
VI.	Datos del tránsito vehicular del lunes.....	53
VII.	Datos del tránsito vehicular del martes.	55
VIII.	Datos del tránsito vehicular del miércoles	57
IX.	Datos del tránsito vehicular del jueves.....	59
X.	Datos del tránsito vehicular del viernes.....	61
XI.	Datos del tránsito vehicular del sábado.....	63
XII.	Datos del tránsito vehicular del domingo.....	65

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Z	Coeficiente de confianza
σ	Desviación estándar poblacional estimada
E	Error estándar de la medida
ψ	Estimado de la desviación estándar de la población
ζ	La cantidad de carriles
P_n	La probabilidad de que haya n vehículos en la cola
λ	La tasa media de llegada para el sistema
μ	La tasa media de servicio para cada carril
K	Número de desviaciones estándar
L	Número promedio esperado de vehículo
P	Proporción que se está estimando
Σ	Sumatoria

n

Tamaño de la muestra

w_q

Tiempo de espera en la cola

GLOSARIO

Acera	Parte de las vías públicas construidas específicamente para el tránsito de peatones.
Acotamiento	Faja comprendida entre la orilla de la superficie de rodamiento y la corona de un camino, que sirve para dar más seguridad al tránsito y para el estacionamiento eventual de vehículos.
Arista	Superficie de rodamiento para el tránsito de vehículos.
Autobús	Vehículo destinado al transporte colectivo de pasajeros.
Automóvil	Vehículo de motor con cuatro ruedas, para el transporte de pasajeros, cuya capacidad determina la dirección de Tránsito y Transportes del Estado.
Bicicleta	Vehículo de dos ruedas, accionado por el esfuerzo del propio conductor.
Calle	Vía pública situada en la zona rural y destinada principalmente para el tránsito de vehículos.

Camión	Vehículos de motor, de cuatro ruedas o más destinado al transporte de carga.
Carretera	Vía pública situada en la zona rural y destinada principalmente para el tránsito de vehículos.
Carril	Una de las fajas de circulación en que puede estar dividida la superficie de rodamiento de una vía marcada o no marcada con anchura suficiente para la circulación en la fila de vehículos de motor de cuatro ruedas o más.
Conductor	Persona que lleva el dominio del movimiento del vehículo.
Motocicleta	Vehículos de motor de dos o tres ruedas.
Paso a desnivel	Estructura que permite la circulación simultánea a diferentes elevaciones o dos o más vías.
Semáforo	Dispositivo eléctrico para regular el tránsito mediante juego de luces.
Transitar	La acción de circular en una vía pública.
Vías de acceso	Aquellas en las que la entrada o la salida de los vehículos se efectúan en lugares específicamente determinadas.

Vía pública	Toda carretera o calle destinada al tránsito libre de vehículos o peatones sin más limitaciones que las impuestas por la Ley.
Volumen de tránsito	El número el número de vehículos o peatones que pasan por un punto o sección transversal dado de un carril o de una calzada, durante un período determinado de tiempo.
Volúmenes horarios	El volumen horario medido en un punto de una calzada representa la demanda del tránsito allí y corresponde a la capacidad de la vía que se toma la oferta vial.
Transito diario	El número total de vehículos que pasan durante un período dado en días completos igual o menor a un año y mayor que un día, dividido entre el número de días del período.

RESUMEN

En los últimos años en la ciudad de Quetzaltenango, se ha hecho evidente el crecimiento del tránsito del parque vehicular y el crecimiento de población, generando problemas ambiental y socioeconómicos; esto se debe a que los servicios esenciales como trabajo y estudios básicos, diversificados y superiores están centralizados en la ciudad altense, lo que hace que las familias de municipios aledaños y área rural dejan su lugar habitual de convivencia, y se trasladan a la ciudad de Quetzaltenango como nuevo lugar de permanencia.

El trabajo describe un diagnóstico vehicular en la 4 calle y avenida Las Américas de la zona 3 de la ciudad de Quetzaltenango, determinando los volúmenes de tránsito diaria en cada semáforo y en el paso a desnivel, por medio de encuestas e investigación en campo, con la finalidad de plantear una solución al problema, además poder contar con información actual que permita tomar decisiones por parte de las autoridades; realizando un aforo vehicular para determinar el nivel de servicio de dicha arteria, donde se localizarán los puntos idóneos para la colocación de semáforos o soluciones.

Con la información y resultados obtenidos se pretende descongestionar el tránsito vehicular en dicho sector y a la vez mejorando el paso peatonal.

OBJETIVOS

General

Evaluar el servicio vial en 4 calle y avenida Las Américas zona 3, ciudad de Quetzaltenango y formular propuesta de mejoras.

Específicos

1. Determinar el nivel de servicio vial en 4 calle y avenida Las Américas de la zona 3 de la ciudad de Quetzaltenango.
2. Establecer el aforo vehicular en el sector.
3. Evaluar el área semaforizada y su reprogramación.
4. Proponer soluciones viables para descongestionar el sector vehicular y peatonal.

INTRODUCCIÓN

No existe información ni estudios sobre una planificación adecuada de semáforos, que permite realizar un análisis estadístico relacionado para proponer y tomar decisiones con soluciones pertinentes.

El trabajo que a continuación se presenta, describe la ubicación y los distintos accesos hacia la 4 calle y avenida Las Américas de la ciudad de Quetzaltenango, detallando la historia de dicha calle y avenida, cultura, localización de semáforos y del paso a desnivel, con el propósito de realizar un análisis estadístico y encuestas en los lugares aledaños del sector donde se realizará el proyecto.

Es por ello que surge la necesidad de realizar una investigación objetiva que tenga como fin diagnosticar y analizar con la información obtenida una planificación adecuada de los semáforos y del paso a desnivel del sector.

El trabajo consta de cuatro capítulos; en el capítulo I se da a conocer la monografía de la ciudad de Quetzaltenango dando a conocer su división política, geología, carreteras importantes, su estructura urbana, y la ciudad actual. En el capítulo II se hace un diagnóstico de las señales, semáforos, puente a desnivel, calles y avenidas importantes. En el capítulo III, se hace un análisis estadístico del volumen vehicular y en el capítulo IV, se plantean las mejoras de la red vial, señalización y semaforización.

Por último se presenta la tabulación de los datos estadísticos, croquis de cada semáforo indicando la frecuencia y estudio de cola.

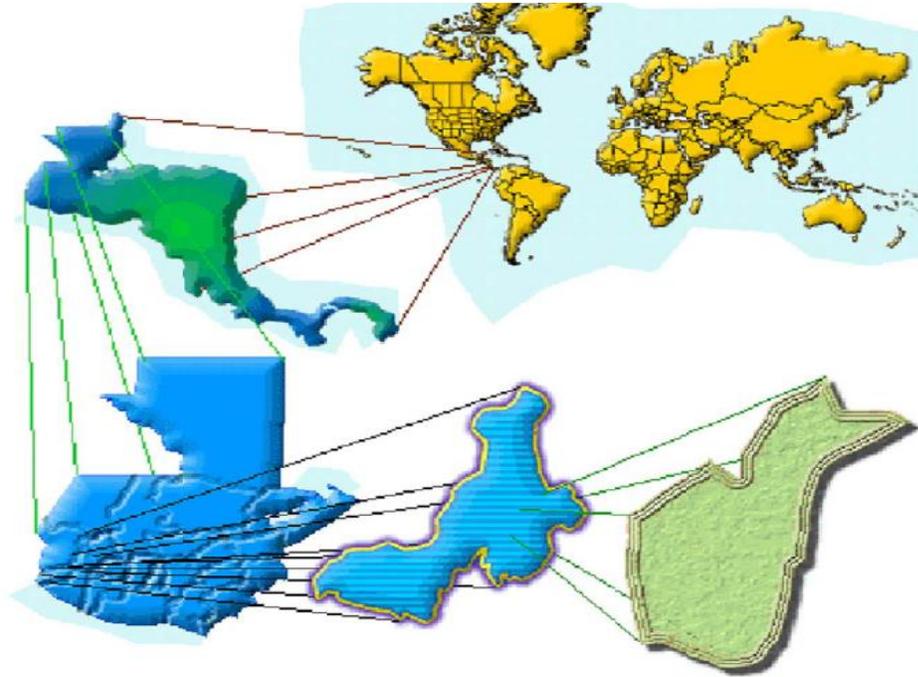
1. GENERALIDADES DE LA CIUDAD DE QUETZALTENANGO

1.1. Extensión territorial y ubicación geográfica

La ciudad de Quetzaltenango tiene una área aproximada de 120 Km² y se encuentra situado en la región VI o Región Sur-Occidente, de la República de Guatemala, su cabecera departamental es Quetzaltenango, limita al norte con el departamento de Huehuetenango; al sur con el departamento de Retalhuleu y Suchitepéquez; al este con los departamentos de Totonicapán y Sololá; y al oeste con el departamento de San Marcos. El departamento de Quetzaltenango cuenta con una extensión territorial de 1 951 kilómetros cuadrados, dividido en 24 municipios, la cabecera departamental dista de la ciudad capital a 200 Km. Por la carretera Interamericana y a 210 Km por la carretera del Pacífico.

Se encuentra a una altitud de 2 333 metros (8 000 pies) sobre el nivel del mar, sus coordenadas son las siguientes: 14° 50"22" latitud, 91° 31"10" longitud, con una población de 145 637 habitantes, según censo 2009 del INE.

Figura 1. **Ubicación geográfica de Quetzaltenango**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2009.

1.2. **División política**

El municipio de Quetzaltenango colinda con los municipios de Almolonga, Cantel, Salcajá, Olinstepeque, La Esperanza, San Mateo, Concepción Chiquirichapa y Zunil. El valle donde se encuentra asentado el municipio de Quetzaltenango es el más grande de todo el occidente del país.

1.3. Geología

Existen cinco fajas horizontales geológicamente bien definidas que atraviesan de occidente a oriente el territorio nacional, el departamento de Quetzaltenango se ubica básicamente sobre las franjas, tierras alta volcánicas y pendiente volcánica. Está constituida sobre todo de rocas volcánicas terciarias en su mayor parte andesitas y riolitas, tales rocas están cubiertas por capas volcánicas recientes.

1.4. Orografía

La cordillera de los Andes al entrar en territorio guatemalteco se separa en dos ramales, uno es la sierra de los Cuchumatanes y otro la Sierra Madre, esta última se asienta donde está el área del departamento de Quetzaltenango. Presenta un cuadro montañoso y quebrado conformado por áreas volcánicas, con cerros, cráteres, precipicios, barrancos, llanuras y valles. La ciudad de Quetzaltenango está limitada orográficamente: al norte con sierra Chuatroj, y el río Salamá; al sur por los cerros Quiac, Huitan, El Baúl, Candelaria, La Pedrera, y el volcán Cerro Quemado; por el suroeste y oeste con los Llanos del Pinal y los volcanes Santa María y Siete Orejas.

1.5. Vulcanología

Existen 33 volcanes en Guatemala de los cuales se localizan en ciudad de Quetzaltenango los siguientes: Santa María, Santiaguito, el Cerro Quemado, El Baúl, Siete Orejas (en el municipio de Quetzaltenango), Chicabal, en San Martín Sacatepéquez; Santo Tomás en Zunil; el Lacandón en San Juan Ostuncalco; esta concentración volcánica ha sido la causa de destrucciones que se han venido dando durante los terremotos ocurridos en 1765, 1818 y 1902. De estos el que se encuentra activo actualmente es el volcán Santiaguito

que continuamente expulsa ceniza y baña constantemente la ciudad de Quetzaltenango.

1.6. Suelos

Los suelos naturales que cubren el área del departamento de Quetzaltenango, son de varios tipos, se pueden mencionar:

- Suelos desarrollados sobre material pluvio-volcánico recientes a elevaciones bajas, localizados en la planicie en la costa del Pacífico siendo estos los más productivos de Guatemala.
- Suelos alpinos; se encuentran en la sima de los Cuchumatanes y de las montañas más altas de occidente.

En el departamento de Quetzaltenango hay una serie de suelos de alta fertilidad que son propicios para la siembra de café, algodón, bosques tropicales altos y otros.

1.7. Hidrología

Entre los accidentes hidrográficos del municipio de Quetzaltenango están los siguientes ríos:

- Salamá que recorre los municipios de Cantel, Quetzaltenango, Salcajá, Zunil y El Palmar.
- El Siguilá, atraviesa los municipios de Quetzaltenango, La Esperanza, y San Miguel Siguilá, entre otros, que hace honor a su nombre Culajá, cuyo

significado es garganta de agua, pues existe abundancia de agua por su naturaleza orográfica y concentración volcánica.

Tanto en el municipio de Quetzaltenango como en los adyacentes a este tienen una serie de nacimientos de agua con cualidades medicinales, dentro de los cuales se pueden mencionar: Fuentes Georginas, Aguas Amargas, fuentes termales, los baños de Almolonga, laguna de Chicabal y otros.

1.8. Clima

Tiene un clima frío y húmedo; el clima caluroso y húmedo se localiza en la boca costa. Su clima es contrastado, más fresco en las zonas elevadas y suave en el fondo de los valles. La temperatura varía entre los -2 grados centígrados y los 22 grados centígrados en la ciudad, en el departamento varía, de una temperatura de 15 grados centígrados a la temperatura ambiente.

1.9. Carreteras importantes

La Ruta Nacional 1 que conduce de la capital a la frontera de México atraviesa el departamento; ruta nacional 9-S que conduce hacia el departamento de Retalhuleu, donde entronca con la Carretera Internacional del Pacífico CA-2; ruta 9-N hacia Totonicapán y Huehuetenango; Ruta Nacional 12-S que enlaza el departamento con San Marcos.

1.10. Estructura urbana

La ciudad de Quetzaltenango está dividida en 10 zonas urbanas, sobre la base de su orientación, pueden clasificarse en cuatro grupos:

- Zonas centrales: definidas por el trazo urbano más antiguo de la ciudad. Se caracterizan por tener una topografía con pendientes pronunciadas y calles angostas empedradas.
- Zona sur y sur - oriente: son las zonas que colindan con Cerro Quemado y el volcán Santa María. Debido a su topografía se encuentran delimitadas con barreras naturales.
- Zona norte – oriente: a pesar de que el trazo de estas zonas se remonta al siglo XVIII, fue hasta hace unos años que el área comenzó a adquirir importancia en la ciudad. Este abandono se debía a las características del suelo de los terrenos.
- Zona norte - oriente: después de la zona central, esta es la zona de mayor plusvalía dentro de la ciudad, especialmente en el ámbito residencial. Se caracteriza por una topografía de pendientes suaves y trazo rectangular ordenado.

1.11. Ciudad actual

Actualmente Quetzaltenango, es la segunda ciudad en importancia en Guatemala, destacada por la cantidad de escuelas, colegios, centros hospitalarios y universidades, siendo hoy día el centro cultural del occidente del país. Asimismo, en la ciudad hay escuelas de español, a las que asisten personas de muchos países del mundo, principalmente de Europa y EUA. La educación del español como segundo idioma se imparte con excursiones ecológicas y turismo de aventura. La ciudad también tiene vida nocturna, concentrada en parte de su Centro Histórico, en donde se puede degustar la comida y bebida nacional e internacional.

En la ciudad de Quetzaltenango se van a realizar los Juegos Centroamericanos y del Caribe en 2018. Para lo cual la ciudad invertirá unos

Q2 mil millones, los cuales servirían para la construcción de infraestructura deportiva, instalaciones útiles para esta clase de competencias, como polideportivos, piscinas olímpicas, pista de atletismo. También se tiene previsto construir un nuevo estadio con capacidad para 30 000 aficionados.

2. DIAGNÓSTICO ACTUAL DE LA 4 CALLE Y AVENIDA LAS AMÉRICAS ZONA 3 DE LA CIUDAD DE QUETZALTENANGO

2.1. Señalamiento y los dispositivos de control de tránsito

La señalización es relevante para orientar a los conductores y garantizar su seguridad y la de los peatones en cualquier calle, camino o carretera abierta al público. El señalamiento de guía e información debe estar restringido al control del tránsito, usarse cuando sea estrictamente necesario y no se debe utilizar como anuncio o medio de publicidad de ninguna índole.

Para que se pueda obtener buenos resultados se deben tener en cuenta los siguientes factores:

- Diseño
- Localización
- Operación
- Uniformidad
- Mantenimiento
- Normas nacionales e internacionales
- Especificaciones técnicas de caminos
- Planos de construcción
- Disposición especiales

2.1.1. Diseño

Debe garantizar que la característica como tamaño, contraste, figura, composición e iluminación o reflectorización, estén combinadas para llamar la atención del usuario hacia el dispositivo. Así también, la forma, tamaño, colores y simplicidad del mensaje deben combinarse para producir una señal clara.

El diseño también debe garantizar que la combinación de legibilidad, tamaño y ubicación del dispositivo permitan un tiempo adecuado de percepción y reacción y que la uniformidad, tamaño, legibilidad y razonabilidad de la regulación se combinen para infundir respeto.

2.1.2. Localización

La ubicación de los dispositivos debe garantizar que esté dentro del cono visual del usuario, de manera que atraiga su atención y facilite su lectura e interpretación, tomando en consideración la velocidad a que vaya el vehículo.

2.1.3. Operación

Debe asegurarse que los dispositivos y equipos se instalen convenientemente para cumplir con las demandas del tránsito en un sitio.

2.1.4. Uniformidad

La uniformidad de los dispositivos para el control del tránsito simplifica la labor del usuario de la vía pública, debido que ayuda al reconocimiento y entendimiento de los mismos, ofreciendo a los peatones, conductores,

inspectores de tránsito y autoridades judiciales, la misma interpretación de un dispositivo dado.

2.1.5. Mantenimiento

Los dispositivos deben ser de primera calidad para asegurar su legibilidad, visibilidad y funcionalidad los dispositivos limpios, legibles, llaman la atención e inspiran el respeto de los conductores y peatones. Es por ello que deben tener mantenimiento permanente para que cumplan con su vida útil.

2.2. Tipos de señalización vial

Las señales viales son el dispositivo más antiguo para regular el tránsito, logran su objetivo transmitiendo al usuario su mensaje por medio de leyendas, símbolos, formas y/o colores. Como cualquier otro tipo de dispositivo de control de tránsito, deben utilizarse solamente donde se justifique, según lo determinan los estudios técnicos realizados.

Se utilizan principalmente para prevenir a conductores y peatones sobre peligros existentes en las vías públicas, orientarlos en sus recorridos por estas; señalar en forma oportuna ciertas disposiciones de las leyes o reglamentos de tránsito, así como regulaciones específicas que se impongan al tránsito, en una vía pública o en parte de la misma. Según la función que tengan, los dispositivos se clasifican en tres categorías:

- Señales preventivas: advierten al conductor de la existencia de un posible peligro.

- Señales restrictivas: tienen por objetivo indicarle al conductor la existencia de ciertas limitaciones, prohibiciones y restricciones que regulen el uso de las vías. La violación del mensaje de estas señales constituye un delito.
- Señales informativas: guían o informan al conductor o peaton sobre las rutas, distancias y todo aquello que se relacione con lugares y poblaciones de interés, accesibles por la carretera en que viaja.

Para que las señales de tránsito cumplan su función, deben reunir los siguientes requisitos fundamentales:

- Ser necesarias
- Atraer la atención
- Tener claridad y sencillez
- Estar ubicadas adecuadamente
- Infundir respeto

También existen ciertas características que deben tener las señales de tránsito, para poder cumplir con los requisitos anteriormente mencionados:

- Uniformidad: la uniformidad en el diseño y la aplicación de las señales incide notablemente en el respeto de los usuarios hacia las mismas.
- Forma: la forma de las placas deben ser uniformes, sencillas y especial para que llamen la atención, sean reconocidas fácilmente y resulte económicamente viable su fabricación. Las placas tienen normalmente las siguientes formas: rectángulo, cuadrado, triángulo, círculo, octógono y escudo.

- Colores: tienen gran importancia y para cada clase de señal se deben utilizar siempre los mismos colores.

2.2.1. Señales verticales

Son señales en posición vertical, generalmente tableros fijados en postes o estructuras con símbolos, leyendas o ambas, que tienen por objetivo prevenir a los conductores de vehículos sobre la existencia de algún peligro, su naturaleza, la existencia de determinadas restricciones o prohibiciones, que limitan sus movimientos sobre la carretera y proporcionarles la información necesaria para facilitar el viaje .

2.2.2. Señales elevadas

Se emplean cuando se considera que las señales laterales no son efectivas. Generalmente su uso se justifica en los siguientes casos:

- Para controlar el tránsito en un carril dado.
- En carreteras de dos o más carriles en un solo sentido, con un alto volumen de tránsito.
- En carreteras de alta velocidad.
- En intersecciones de carreteras importantes.

2.2.3. Señales informativas

Se colocan entre y antes de las intersecciones y en puntos situados a lo largo de las carreteras. Cuando se requiera señales de prevención y de información en sitios cercanos, las de prevención deben preceder a las de información en una distancia no menor de 60 metros y estarán situadas de tal

modo que no impidan la visibilidad de estas. La distancia lateral mínima de las señales con respecto al borde del pavimento es la siguiente:

- En zonas urbanas, la distancia del borde de la acera hasta la proyección vertical de la arista más cercana de la señal debe ser de 0,30 metros.
- En zonas rurales, la distancia del borde del pavimento hasta la proyección vertical de la arista más cercana de la señal, es de 1,80 metros. El máximo puede llegar hasta 3,60 metros.

Las alturas que se deben utilizar para la instalación de las señales son las siguientes:

- En zonas urbanas, la altura desde la acera hasta el borde inferior de la señal es de 2,0 metros.
- En zonas rurales, la altura desde el pavimento hasta el borde inferior de la señal es de 1,20 metros; para las señales de alto es de 1,50 metros.
- Para señales elevadas, debe ser de 4,50 metros sobre el nivel del pavimento, tanto en zonas urbanas como en rurales.

2.2.4. Señales horizontales

Se construye o se coloca dentro de la calzada o en sus inmediaciones, para proteger a los vehículos y peatones expeditando en ocasiones el tránsito. A continuación se mencionarán las señales horizontales más comunes:

- Marcas: se utilizan en el pavimento para la regulación del tránsito; la desventaja que tiene es que se desgastan en carretera de tránsito interno y la visibilidad en días lluviosos es difícil. Algunas de las marcas son:

líneas centrales, líneas de carril, líneas de barrera, marcas en hombros pavimentados, indicadores de peligro e indicadores de alineamiento y paso a peatones.

- Islas: sirve para controlar el tránsito en áreas limitadas. Las islas se clasifican en direccionales y divisorias.
- Otras obras: son dispositivos que se construyen o colocan dentro de las calles o en sus inmediaciones para proteger a los vehículos y a los peatones.

2.3. Estructura

La estructura de cada señal está basada en ciertas dimensiones que se utilizan en carreteras de tipo convencional. El tamaño de una señal depende de la longitud de su mensaje, del tipo de señal y de las dimensiones y espaciamientos de las letras o símbolos que la componen. No obstante, en este aspecto se debe ser flexible para permitir el empleo de una placa uniforme en cualquier serie particular de señales.

Las señales restrictivas en su mayoría son rectángulos con una altura de 70 centímetros y un ancho de 42,5 centímetros. En la parte superior llevan un disco rojo que indica una restricción reglamentaria, si el disco está cruzado por una barra del mismo color la restricción consiste en una prohibición completa; tanto el disco como la barra tendrán un ancho de 4 centímetros. Exceptuando las señales de alto y ceda el paso, toda llevan un fondo de color blanco y el mensaje de color negro.

Las señales preventivas, exceptuando las flechas direccionales, doble flecha direccional y posición de cruce de ferrocarril, se construyen en láminas

cuadradas con una diagonal vertical, esquina redondeadas, fondo de color amarillo y mensaje de color negro. El dimensionamiento normal de una señal típica de prevención es de forma cuadrada con lados de 60 centímetros, el fondo de color amarillo con letras de color negro. Cuando las condiciones de velocidad, volumen de tránsito o riesgo especiales requieran mayor visibilidad de la señal, esta podrá hacerse en un tamaño más grande usando múltiplos de 15 centímetros. Según la velocidad mínima de diseño.

Las señales informativas direccionales son de fondo blanco, con el mensaje de color negro, tienen forma rectangular con el lado mayor horizontal. Las señales informativas direccionales para carreteras de alta velocidad son de tipo bandera y de tipo portal, las cuales son rectangulares con el lado mayor horizontal de fondo verde con el mensaje de color blanco. Las señales informativas de servicio son de fondo azul con el mensaje de color negro dentro de un rectángulo, con el lado mayor verticalmente, exceptuando la de puesto de socorro que lleva el mensaje de color rojo.

En autopistas y vías de tránsito rápido se usan diseños de mayor tamaño, en fondo verde con letras blancas. Para nomenclatura de rutas urbanas deben usarse placas de 90 centímetros por 20 centímetros con fondo blanco, letras, números y mensaje de color negro.

2.4. Ubicación

La ubicación de los dispositivos debe garantizar:

- Que quede situado dentro del cono de visión del usuario de tal manera que atraiga la atención.

- Que esté ubicado convenientemente con respecto al punto, objeto o situación a la que se aplica, para que ayude en la transmisión de su propio significado.
- Que permita que un conductor viajando a una velocidad normal disponga del tiempo necesario para responder al mismo.

Las señales de prevención deben colocarse antes del lugar de peligro a las siguientes distancias:

- En zonas urbanas de 50 a 100 metros.
- En zonas rurales de 50 a 100 metros para caminos de baja velocidad, de 100 a 150 metros para carreteras de velocidad media, y de 150 a 200 metros en vías de alta velocidad.
- Las señales de información deben colocarse en los sitios determinados por los estudios.

2.5. Pintura convencional

La pintura constituye el material más usado en la demarcación de pavimento. El continuo mejoramiento de las pinturas, del equipo y del método de aplicación ha impulsado la demarcación mediante este tipo de material. Actualmente hay máquinas capaces de trazar sobre una vía líneas sencillas, dobles o triples, continuas o discontinuas, de colores diferentes u operando a velocidades de 10 a 15 Km/h; para marcas especiales se emplean procedimientos manuales.

La visibilidad nocturna de las marcas se aumenta con el uso de microesferas de vidrio incorporadas en la pintura. Aunque el costo inicial de la pintura reflectiva para este medio es mayor que el corriente, su mayor duración compensa la diferencia en el costo; además se brinda mayor seguridad al tránsito.

Las marcas son generalmente blancas y en algunos casos amarillas. En las brechas de una línea de pintura discontinua se permite usar pintura de color negro, cuando el pavimento no proporcione suficiente contraste. El color blanco se usa en los siguientes casos: líneas centrales, tanto en carreteras como en calles urbanas, líneas de carril, líneas de borde de pavimento, marcas en hombros pavimentados, líneas de canalización, aproximaciones a zonas escolares, aproximaciones a obstáculos, líneas de parada, cruces de peatones, zonas de seguridad, líneas de límite de estacionamiento marcas de palabras y símbolos.

El color amarillo se utiliza en las siguientes marcas: líneas centrales dobles, en carretera con cuatro o más carriles, líneas de barrera tales como ejemplo se puede mencionar:

- Zonas de adelantamiento prohibido en carreteras de dos o tres carriles
- Transiciones del ancho del pavimento y marcas de obstáculos
- Aproximaciones a cruces de ferrocarril
- Aproximaciones a intersecciones

El empleo de color amarillo en las marcas indicadas se justifica por las razones siguientes:

- Este color contrasta con el blanco que se emplea normalmente para las líneas centrales y de carril.
- El color amarillo está reconocido mundialmente como símbolo de prevención tanto en señales viales, como en semáforos y luces intermitentes.

2.5.1. Pintura en la línea central en carretera

Las líneas de centro se usan para indicar el eje central de la superficie de rodamiento de una carretera con tránsito en ambos sentidos. En ciertos casos tales como en transiciones del ancho del pavimento o donde se ha previsto un carril extra para el tránsito lento, no es indispensable que esté situado en el centro geométrico de la superficie de rodamiento. En localidades urbanas y en algunos caminos rurales donde no es indispensable una extensa línea central, se puede pintar secciones cortas en las aproximaciones a una intersección muy transitada, cruces de peatones, cruces de ferrocarril y curvas; cuando se utiliza en esta forma sirve para prevenir al tránsito acerca de condiciones no usuales y organizarlo a través de zonas peligrosas o congestionadas.

Las siguientes sugerencias sirven como base para la aplicación correcta de las líneas centrales, son convenientes en todas las carreteras pavimentadas y como mínimo deben marcarse en:

- Carreteras de dos carriles con un volumen mayor de 1 000 vehículos por día.
- Carreteras de dos carriles con un ancho inferior a 6 metros y un volumen mayor de 500 vehículos por día.

- Carreteras de dos carriles con un ancho inferior a 5,5 metros pero no menor de 5 metros y un volumen mayor de 300 vehículos por día.

2.5.2. Pintura en la línea central en calles urbanas

Las líneas centrales en calles urbanas en ambos sentidos y con menos de cuatro carriles pueden ser continuas; no deben tener un ancho menor de 10 centímetros ni mayor de 15 centímetros. Las líneas que marcan el centro de una dirección del tránsito son líneas de carril y pueden ser discontinuas.

La línea central para calles urbanas no divididas de cuatro o más carriles debe ser una línea doble continua de color amarillo, excepto donde existan carriles reversibles, en que se recomienda una línea sólida blanca. Si el ancho del pavimento es menor de 12 metros la separación entre las líneas será de 7,5 centímetros; si es de 12 metros o más, excluyendo las zonas de estacionamiento, dicha separación será de 25 centímetros.

2.6. Línea lateral

Esta línea se utiliza para:

- Evitar el paso de vehículos pesados por los hombros, que generalmente tienen una capacidad estructural menor que la del pavimento.
- Suministrar una guía continua al conductor, haciendo más cómoda y segura su labor, principalmente durante la noche o en el tiempo lluvioso o nublado.
- Prevenir accidentes de tránsito.

- Reducir el ancho de un carril anormal, es decir un carril que tenga un ancho mayor de lo normalmente establecido.
- Para demarcar el borde del pavimento se emplea una línea blanca continua no menor de 5 centímetros ni más de 10 centímetros de ancho. Siempre se usa para complementar las líneas de centro y de carril y nunca sustituirlas; tampoco constituye un sustituto adecuado de los delineadores.

2.7. Código de colores

Los siguientes códigos de colores establecen significados generales para nueve colores de doce posibles, que han sido identificados como apropiados para uso en la transmisión de información de control de tránsito. Valores centrales y límites de tolerancia para cada color, están disponibles a través de la FHWA en Estados Unidos. Los tres colores a los que no se asignó ningún significado se han reservado en el MUTCD para futuras aplicaciones. Los significados descritos en esta sección son de naturaleza general. Asignaciones más específicas de cada color, se definen en las partes individuales de acuerdo al tipo de dispositivo y a la siguiente lista de colores.

- Amarillo: prevención general (color de fondo de las señales de prevención).
- Anaranjado: prevención de situaciones temporales, como trabajos de construcción, mantenimiento, reparaciones, atención de incidentes y emergencias (color de fondo de señales de prevención temporal).

- Blanco: regulación e información (color de fondo para las señales de reglamentación y de información en vías convencionales. Se usa en la leyenda de la señal de “alto”, R-1-1, y en las leyendas de las señales con color de fondo rojo, negro, verde, azul y café).
- Negro: regulación, prevención e información (color de fondo en señales de regulación nocturna. Se usa en los símbolos, ribetes y figuras de todo tipo de señales, en particular en las señales con color de fondo blanco, amarillo y anaranjado).
- Rojo: alto, prohibición o maniobra crítica (color de fondo en la señal de “alto” y otras reglamentarias que se refieren a maniobras críticas. También se usa en las orlas, símbolos, letras y la barra o franja diagonal en algunas señales de reglamentación).
- Azul: guía de servicios al automovilista y al turista (color de fondo de esas señales informativas).
- Verde: indica movimientos permitidos y guía de navegación y direcciones en vías rápidas, autopistas y ciclo vías (color de fondo de ese tipo de señales informativas).
- Café: guía a sitios recreativos, parques nacionales y otros de interés cultural, administrados por entes públicos o sin fines de lucro (color de fondo de esas señales informativas).

2.8. Situación actual de la 4 calle y avenida Las Américas

A continuación se describe la situación actual de la señalización.

2.8.1. Claro vertical

En calles y carreteras ubicadas en áreas comerciales, residenciales y urbanas en general donde el parqueo, los movimientos peatonales u otras actividades interfieren con la visibilidad de las señales, la altura máxima entre la acera y la señal será por lo menos 2,10 metros. Este claro debe permitir el libre flujo de peatones sin que exista el riesgo de que algún peatón se golpee con el panel de la señal.

En párrafos, conceptos y caracterizaciones anteriores se dan a conocer las aplicaciones en los componentes de la señalización en carreteras.

A continuación la interpretación de cada figura del comportamiento actual de señalización en la 4 calle y avenida Las Américas de la zona 3 ciudad de Quetzaltenango.

Figura 2. **Claro vertical en la avenida Las Américas**



Fuente: Enfrente del Centro Universitario de Occidente.

Interpretación: en la figura 2 se visualiza un claro menor de 2,10 metros el cual obstaculiza el paso peatonal y la visualización del conductor en la carretera.

Figura 3. **Altura de un alto en la salida de Torre Pradera**



Fuente: Avenida Las Américas.

Interpretación: en la figura 3 se visualiza la salida del centro comercial pradera que tiene un claro menor de 2,10 metros.

2.8.2. Ángulo de colocación y visibilidad

Las señales deberán ser colocadas formando un ángulo recto con respecto a la dirección del flujo vehicular al que transmite su mensaje, y tener una visibilidad en su entorno evitando publicidad en las mismas.

Figura 4. **Visibilidad de una señal preventiva**



Fuente: Enfrente del Complejo deportivo.

Interpretación: en la figura 4 se visualiza una señal preventiva que se ve opacada por la valla publicitaria, entre la 25 avenida y la 26 avenida.

Figura 5. **El ángulo de colocación de una señal de tránsito**



Fuente: Enfrente del Complejo deportivo.

Interpretación: en la figura 5 se visualiza que la señal no forma un ángulo recto con respecto al suelo, debido a la falta de mantenimiento en la 26 avenida.

2.8.3. Paso de peatones

La señal de paso de peatones se utilizará para advertir a los conductores de vehículos que a cierta distancia encontrará una área destinada para cruce de peatones. Tanto en camino como en calles, deben ser franjas blancas y continuas y de un ancho entre 15 y 25 centímetros. Serán dos franjas paralelas transversales a la vía de circulación, trazadas a una separación que se determinará generalmente por el ancho de las banquetas entre las que se encuentran situadas, pero en ningún caso dicha separación será menor de 1,80 metros.

Figura 6. **Paso peatonal de la 14 avenida de la zona 3**



Fuente: 14 avenida de la zona 3.

Figura 7. **Paso peatonal de la 15 avenida de la zona 3**



Fuente: 15 avenida de la zona 3.

Interpretación: en la figura 7 y 8 se visualiza la falta de las bandas blanca y línea continua para el cruce de los peatones.

2.8.4. Arriate de concreto entre la carretera y las áreas verdes

A continuación se presenta las condiciones actuales de los arriates.

Figura 8. La falta de arriate en la 16 avenida y 17 avenida



Fuente: zona 3, ciudad de Quetzaltenango.

Figura 9. La falta de arriate en la 19 avenida y 20 avenida zona 3



Fuente: zona 3, ciudad de Quetzaltenango.

Interpretación: en la figura 9 y 10 se visualiza la falta de arriate y colocación de pintura roja.

2.8.5. Señalización del puente a desnivel

A continuación se presenta las condiciones actuales del puente a desnivel, se visualiza en la figura 10,11 y 12 la falta de señalización preventiva e informativa.

Figura 10. **La falta de señalización del puente a desnivel**



Fuente: Enfrente del Centro Universitario.

Figura 11. **La falta de señalización en la entrada del puente a desnivel**



Fuente: Enfrente del Centro Universitario.

Figura 12. **La falta de señalización preventiva en el puente a desnivel**



Fuente: Enfrente del Centro Universitario.

2.8.6. Línea blanca divisoria entre carriles

A continuación se presenta las condiciones actuales de líneas divisorias entre carriles, en la figura 13 y 14 se visualiza la falta de señalización de líneas divisorias.

Figura 13. **La falta de línea divisoria en el redondel en la Avenida las Américas**



Fuente: Avenida las Américas.

Figura 14. **La falta de línea divisoria en la 15 avenida y 4a calle**



Fuente: zona 3, ciudad de Quetzaltenango.

2.8.7. Tamaño de la leyenda y visibilidad de las señales

A continuación se presenta las condiciones actuales del tamaño de la leyenda y visualiza de las señales, en la figura 15 y 16 se visualiza una señal informativa con tamaño de leyenda insuficiente

Figura 15. **La señal con leyenda insuficiente en la 24 avenida**



Fuente: zona 3, ciudad de Quetzaltenango.

Figura 16. **La señal con leyenda insuficiente en la 5 calle zona 3**



Fuente: 3 calle Avenida las Américas.

Figura 17. **La falta de señalización preventiva en la 25 avenida**



Fuente: 25 avenida de la zona 3.

Interpretación: en la figura 17 se visualiza la falta de un alto, en la 25 avenida norte.

Figura 18. La falta de un alto en la 25 avenida



Fuente: zona 3, ciudad de Quetzaltenango.

Interpretación: en la figura 18 se visualiza la falta de un alto, en la 25 avenida sur.

3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DESCRIPTIVO DEL TRÁNSITO EN LA 4 CALLE Y AVENIDA LAS AMÉRICAS

3.1. Generalidades del volumen vehicular

Los estudios sobre volúmenes de tránsito son realizados con el objetivo de obtener información relacionada con el movimiento de vehículos y/o personas sobre puntos o secciones específicas dentro de un sistema vial. Sirven además como medida para determinar: la utilización vial, la capacidad vial y la demanda del tránsito. Los errores que se cometan en la determinación de volúmenes de tránsito se traducirán en problemas como congestionamiento por volúmenes muy superiores a los proyectados.

3.2. Volumen de tránsito

Se define como el número de vehículos o peatones que pasan por un punto o sección transversal dado de un carril o de una calzada, durante un período determinado de tiempo. Se expresa como:

$$Q = N/T$$

Donde:

Q: vehículos que pasan por unidad de tiempo (vehículos / período)

N: número total de vehículos que pasan

T: periodo determinado

3.2.1. Unidades para medir el volumen vehicular

Las unidades del tránsito son los vehículos de toda clase: automóviles, buses, camiones, bicicletas, motocicletas y los peatones. Pero con el objetivo de simplificar la nomenclatura se entenderá que “volumen” se refiere únicamente a vehículos. En dependencia de la duración del tiempo se tienen los siguientes volúmenes de tránsito:

- Volumen horario Veh/hr
- Volumen diario Ver/ día
- Volumen semanal Veh/ Sem
- Volumen anual Veh/ año

3.2.2. Tránsito promedio diario TPD

Se define como el número total de vehículos que pasan durante un período dado (en días completos) igual o menor a un año y mayor que un día, dividido entre el número de días del período. Se utiliza en trabajos de planeación.

3.2.3. Tránsito promedio diario anual TPDA

Se define como el volumen total de vehículos que pasan por un punto de una carretera en un período de un año.

$$TPDA= TA/365$$

Donde:

TA: tránsito anual

3.3. Volúmenes horarios

El volumen horario medido en un punto de una calzada representa la demanda del tránsito allí, y corresponde a la capacidad de la vía que se toma la oferta vial. Los volúmenes horarios se usan para proyectar detalles geométricos de la vía, efectuar análisis de circulación y regular el tránsito. Con base en la hora seleccionada se definen los siguientes volúmenes horarios dados en vehículos por hora.

3.3.1. Volumen horario máximo anual VHMA

Es el máximo volumen horario que ocurre en un punto o sección de calzada durante un año determinado. Es la hora de mayor volumen de las 8 760 horas del año.

3.3.2. Volumen horario de máxima demanda VHMD

Es el máximo número de vehículos que pasa por un punto o sección de una calzada durante sesenta minutos consecutivos. Es el volumen representativo de los períodos de máxima demanda que se puedan presentar durante un día en particular.

3.4. Variación horaria del volumen de tránsito

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

Tabla I. **Resumen del TPA**

Resumen		
Día	TPA 18 horas	TPA 24horas
Lunes	17 842	13 382
Martes	17 866	13 400
Miércoles	17 090	12 818
Jueves	16 743	12 558
Viernes	16 902	12 677
Sábado	15 046	11 285
Domingo	11 898	8 924

Fuente: elaboración propia con base en resultados.

3.4.1. Índice medio diario anual TPDA

Representa el promedio aritmético de los volúmenes diarios para todos los días del año, previsible o existente en una sección dada de la vía. Su conocimiento de una idea cuantitativa de la importancia de la vía en la sección considerada.

La determinación del TPDA se hace a partir del TPDS, utilizando los aforos vehiculares diarios durante una semana, transformándolo por medio de la estadística.

3.4.2. Cálculo del TPDS

La determinación del TPDS se calcula utilizando los aforos vehiculares diarios durante el período de una semana. Esta dado por

$$TPDS = \sum (\text{volúmenes del tránsito}) / 7$$

Para esta investigación se tiene que

$$TPDS = (13\ 382 + 13\ 400 + 12\ 818 + 12\ 818 + 12\ 558 + 12\ 677 + 8\ 924) / 7$$

$$TPDS = 12\ 149 \text{ Vehículos mixtos al día}$$

3.4.3. Cálculo del TPDA

La determinación del TPDA o media poblacional, se estima con base en el TPDS o media maestra. Esta dado por

$$TPDA = TPDS \pm A$$

Donde

A = Máxima diferencia entre el TPDA y el TPDS

El valor de A, sumando o restado del TPDS (media muestral), define el intervalo de confianza dentro del cual se encuentra el TPDA (media poblacional), para un determinado nivel de confianza, el valor de A es el siguiente

$$A = KE$$

Donde:

K=número de desviaciones estándar correspondiente al nivel de confiabilidad deseado

E= error estándar de la media

Estadísticamente se ha demostrado que las medias de diferentes muestras, tomadas de la misma población, se distribuyen normalmente alrededor de la media población con una desviación estándar equivalente al error estándar.

Por lo tanto:

$$E = \psi$$

Donde:

ψ = estimado de la desviación estándar de la población

Estimación de la desviación estándar poblacional

$$\sigma = \frac{s}{\sqrt{n}} \left(\sqrt{\frac{(N - n)}{(N - 1)}} \right)$$

Donde:

S= desviación estándar de la distribución de los volúmenes de tránsito diario o desviación estándar muestral.

n=tamaño de la muestra en número de días del aforo

N=tamaño de la población en número de días del año

La desviación estándar muestra S, se calcula como:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (TD_i - TPDS)^2}{n - 1}}$$

Donde:

TD_i = volumen de tránsito del día i

Reemplazando sus equivalentes se tiene:

$$TPDA = TPDS \pm A$$

$$TPDA = TPDS \pm KE$$

$$TPDA = TPDS \pm K\sigma$$

En la distribución normal, para niveles de confiabilidad del 90 % y 95 % los valores de la constante K son 1,64 y 1,96 respectivamente. Se halla la desviación estándar muestral S.

Tabla II. **Resumen de los TPDS**

No	Día	Total Diario	TPDS	$(TD_i - TPDS)^2$
1	Lunes	13 382	12 149	1 520 289
2	Martes	13 400	12 149	1 565 001
3	Miércoles	12 818	12 149	447 561
4	Jueves	12 558	12 149	167 281
5	Viernes	12 677	12 149	278 784
6	Sábado	11 285	12 149	746 496
7	Domingo	8 924	12 149	10 400 625
TOTAL				15 126 037

Fuente: elaboración propia con base en resultados.

Desviación estándar poblacional estimada σ

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (TD_i - TPDS)^2}{n - 1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{15\,126,026}{6}}$$

$$S = 1\,588$$

Para σ se tiene:

$$\sigma = \frac{s}{\sqrt{n}} \left(\sqrt{\frac{(N - n)}{(N - 1)}} \right)$$

$$\sigma = \frac{1588}{\sqrt{6}} \left(\sqrt{\frac{(365 - 6)}{365 - 1}} \right)$$

$$\sigma = 644 \text{ Vehículos mixtos al día}$$

El intervalo del TPDA: asumiendo una confiabilidad del 95 % $K= 1,96$

$$TPDA = TPDS \pm K\sigma$$

$$TPDA = 12\,149 \pm 1,96 \times 644$$

$$TPDA = 12\,149 \pm 1,262$$

10 877 vehículos mixtos al día \leq TPDA \leq 13 411 vehículos mixtos al día

Se asume el caso más crítico es de 13 411 vehículos mixtos al día

3.5. Análisis de muestras en los semáforos

A continuación se presenta los cálculos para determinar el número de observaciones necesarias en cada semáforo.

3.5.1. Muestreo

En el cálculo de tamaño de la muestra se usó la siguiente fórmula, haciendo la suposición de que ocurren dos eventos en el sistema: servidos y no servidos:

$$n = \frac{z^2 p(1 - p)}{E^2}$$

Donde:

E= porcentaje de error \pm

Z= coeficiente de confianza

P= proporción que se está estimando

n= tamaño de la muestra

Se consideró como p a la proporción de vehículos que pasan los semáforos en verde y como (1– p) a la proporción de vehículos que se quedan esperando ser servidos. A falta de información preliminar que sirva para calcular estas proporciones, se tomará p= 0,5 de tal forma que se obtenga el máximo número de muestras con el nivel de confianza elegido.

En este análisis de semáforos, se determinó el tamaño de la muestra con un 95 % de confianza de que el error al utilizar p va ser del 5 %.

Datos:

Proporción de vehículos en cola que son servidos: p=0,5

Proporción de vehículos en cola que no son servidos: (1–p) = 0,5

Nivel de confianza= 95 %

Error permitido: 5 %

$$n = \frac{z^2 p(1 - p)}{E^2}$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(0,5)}{0,05^2}$$

$$n = 385 \text{ observaciones}$$

Esto implica tomar 385 observaciones en cada uno de los carriles. El conteo de los elementos en cada observación, para cada evento se hizo con base en las siguientes condiciones:

Una bicicleta, moto o vehículo = 1 unidad

3.6. Modelo Feynman Laris Raoult - Mencos Abraham - Federico Salazar

En el siguiente modelo se emplea para modelar servidores múltiples, fuentes, colas y variables. En las siguientes fórmulas son para calcular las características operativas de estado estable para líneas de espera con carriles múltiples donde:

λ = La tasa media de llegada para el sistema

μ = La tasa media de servicio para cada carril

ζ = La cantidad de carriles

3.6.1. Probabilidad de que no haya vehículos en espera

Se presenta el modelo para calcular la probabilidad de que no haya vehículos en espera.

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{\zeta-1} \frac{[\lambda/\mu]^n}{n!} + \frac{[\lambda/\mu]^\zeta}{\zeta!} \left[\frac{\zeta\mu}{\zeta\mu - \lambda} \right]}$$

La probabilidad de que haya n vehículos en la cola es de

$$P_n = \frac{\left[\frac{\lambda}{\mu}\right]^n}{\zeta! \zeta^{n-\zeta}} P_0$$

El número esperado de vehículos en la cola es de

$$L_q = \frac{\left[\frac{\lambda}{\mu}\right]^n}{\zeta!} P_0 \frac{\delta}{(1-\delta)^2} \bar{P}$$

$$\text{De donde } \delta = \frac{\lambda}{\mu}$$

El tiempo esperado que esperan los vehículos en la cola es de

$$w_q = \frac{L_q}{\lambda}$$

El tiempo esperado que esperan los vehículos dentro del sistema

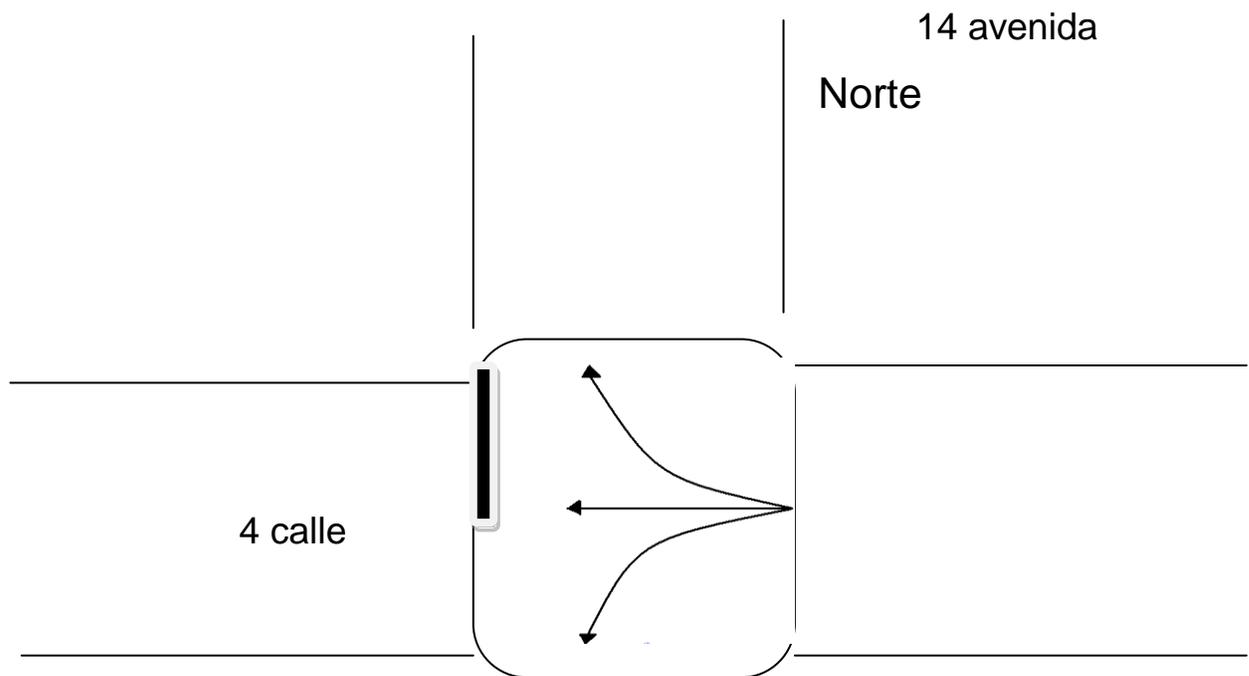
$$w = w_q + \frac{1}{\mu}$$

El número promedio esperado de vehículos en el sistema es de

$$L = L_q + \frac{\lambda}{\mu} \bar{P}$$

Ejemplo:

Figura 19. **El semáforo de la 14 avenida y 4 calle**



Fuente: elaboración propia, con programa Word Microsoft Office 2007.

Se muestran las posibles direcciones que puede tomar un vehículo al momento que el semáforo de color verde.

Tabla III. Los períodos del semáforo de la 14 avenida y 4 calle

Verde	23 seg
Amarillo	4 seg
Rojo	81 seg

Fuente: elaboración propia con base en resultados.

Tabla IV. La cantidad de vehículos con el semáforo en rojo

Semáforo 14 calle 4 calle			
Clase	Frecuencia	Frecuencia acumulada	Frecuencia relativa acumulada
1	6	6	1,02 %
2	6	12	3,04 %
3	18	30	7,59 %
4	30	60	15,16 %
5	32	92	23,29 %
6	48	140	35,44 %
7	44	184	46,58 %
8	37	221	55,95 %
9	52	273	69,11 %
10	40	313	79,24 %
11	37	350	88,61 %
12	45	395	100 %

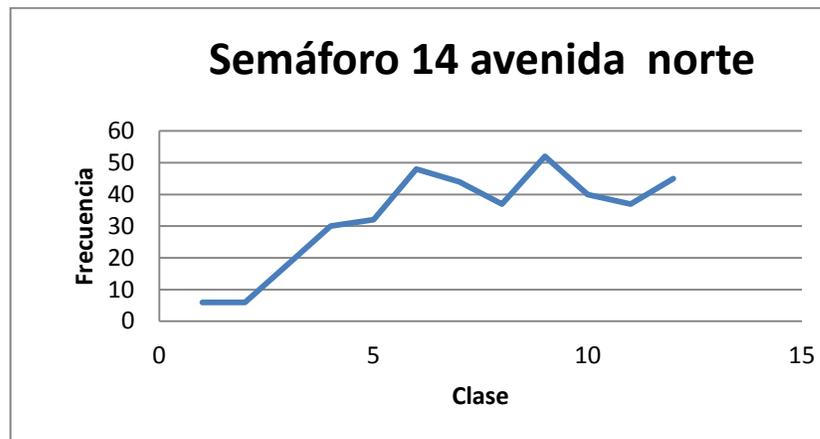
Fuente: elaboración propia con base en resultados.

Tabla V. **Datos estadísticos de la 14 avenida y 4 calle**

Recuento	395
Promedio	38
Desviación estándar	12,1
Mínimo	12
Máximo	52

Fuente: elaboración propia con base en resultados.

Figura 20. **El comportamiento de la actividad vehicular en la 14 avenida**



Fuente: elaboración propia con base en resultados.

A partir de la información obtenida con el muestreo, se tiene que al semáforo de la 4 calle y 14 avenida llegan vehículos en forma aleatoria con una media por carril de 38 vehículos cada tiempo que el semáforo se encuentra en rojo (81 segundos) y durante el tiempo que el semáforo esta en verde puede pasar aproximadamente 20 vehículos por carril.

La tasa de llegada en el carril:

$$\lambda = \frac{38 \text{ veh\u00edculos}}{81 \text{ Seg}} = 0,470 \text{ veh\u00edculos/ seg}$$

La tasa de servicio es de

$$\mu = \frac{20 \text{ veh\u00edculos}}{23 \text{ Seg}} = 0,87 \text{ veh\u00edculos/seg}$$

El coeficiente de ocupaci\u00f3n de la cola es

$$\delta = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{0,470}{0,87} = 0,54$$

Por lo tanto en este carril habr\u00e1 cola aproximadamente el 54 % de las veces

3.6.2 Probabilidad de no encontrar ning\u00fan veh\u00edculo

Se presenta el modelo para calcular la probabilidad de no encontrar ning\u00fan veh\u00edculo.

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{S-1} \frac{[\frac{\lambda}{\mu}]^n}{n!} + \frac{[\frac{\lambda}{\mu}]^{\zeta}}{\zeta!} \left[\frac{\zeta \mu}{\zeta \mu - \lambda} \right]}$$

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{\zeta-1} \frac{[0,47]^n}{n!} + \frac{[0,47]^2}{2!} \left[\frac{2(0,87)}{2(0,87) - 0,47} \right]}$$

$$P_0 = 0,375$$

La probabilidad es del 37,5 %

Aproximadamente el 37,5 % de las veces que se llega el semáforo de la 14 avenida por la 4 calle no habrá nadie esperando.

El número esperado de vehículos en la cola es de:

$$L_q = \frac{[\frac{\lambda}{\mu}]^n}{\zeta!} P_0 \frac{\delta}{(1 - \delta)^2} \bar{P}$$

$$L_q = \frac{[0,47]^2}{2!} (0,375) \frac{0,54}{(1 - 0,54)^2} (38 \text{ veh\u00edculos})$$

$$L_q = 5 \text{ veh\u00edculos}$$

El tiempo esperado que esperan las unidades en la cola es de

$$w_q = \frac{L_q}{\lambda}$$

$$w_q = \frac{5 \text{ veh\u00edculos}}{0,47} = 10,64 \text{ seg}$$

3.6.3. El tiempo de espera de los vehículos dentro del sistema

Se presenta el modelo para calcular el tiempo de espera de los vehículos dentro del sistema.

$$w = w_q + \frac{1}{\mu}$$

$$w = 10,64 + \frac{1}{0,393} = 13,18 \text{ seg}$$

3.6.4. El número promedio esperado de vehículos en el sistema

Se presenta el modelo para calcular el número promedio esperado de vehículos en el sistema.

$$L = 5 + \frac{0,47}{0,87} 38$$

$$L = 26 \text{ vehículos}$$

3.7. Interpretación de gráficas del flujo vehicular

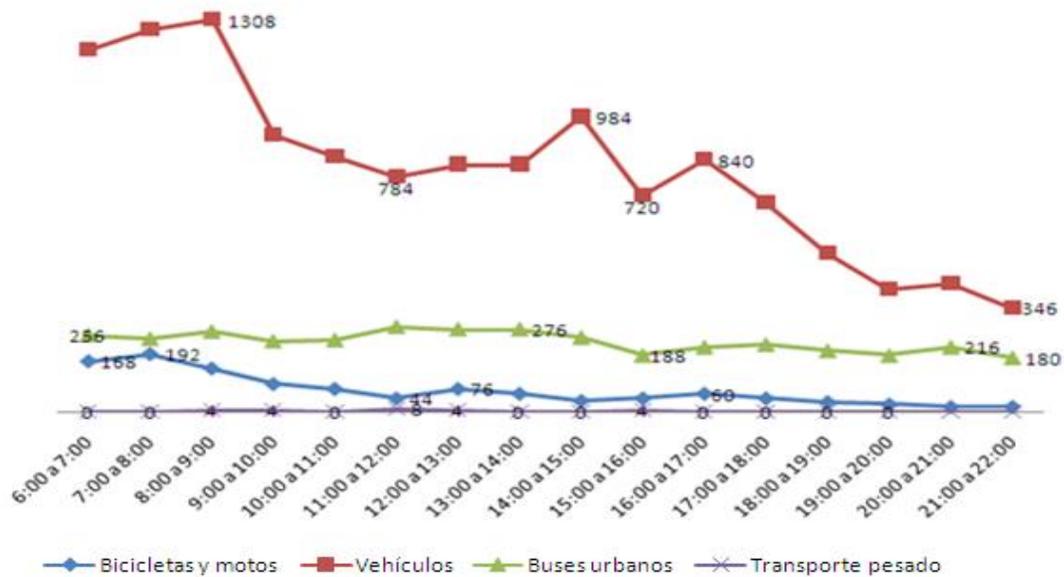
A continuación se interpretan las tablas y figuras del comportamiento vehicular en cada semáforo en la 4 calle y avenida Las Américas en la zona 3, ciudad de Quetzaltenango.

Tabla VI. **Datos del tránsito vehicular del lunes**

Lunes					
Hora	Bicicletas y motos	Vehículos	Buses urbanos	Transporte pesado	Total
6:00 a 7:00	168	1 208	256	0	1 632
7:00 a 8:00	192	1 276	244	0	1 712
8:00 a 9:00	144	1 308	268	4	1 724
9:00 a 10:00	92	924	236	4	1 256
10:00 a 11:00	76	852	240	0	1 168
11:00 a 12:00	44	784	284	8	1 120
12:00 a 13:00	76	824	276	4	1 180
13:00 a 14:00	60	824	276	0	1 160
14:00 a 15:00	36	984	248	0	1 268
15:00 a 16:00	44	720	188	4	956
16:00 a 17:00	60	840	216	0	1 116
17:00 a 18:00	44	696	224	0	964
18:00 a 19:00	32	528	204	0	764
19:00 a 20:00	24	408	188	0	620
20:00 a 21:00	16	428	216	0	660
21:00 a 22:00	16	346	180	0	542
TOTAL	1 124	12 950	3 744	24	17 842

Fuente: elaboración propia con base en resultados.

Figura 21. Variación horaria del volumen de tránsito del lunes



Fuente: elaboración propia con base en resultados, con programa Excel Microsoft Office 2007.

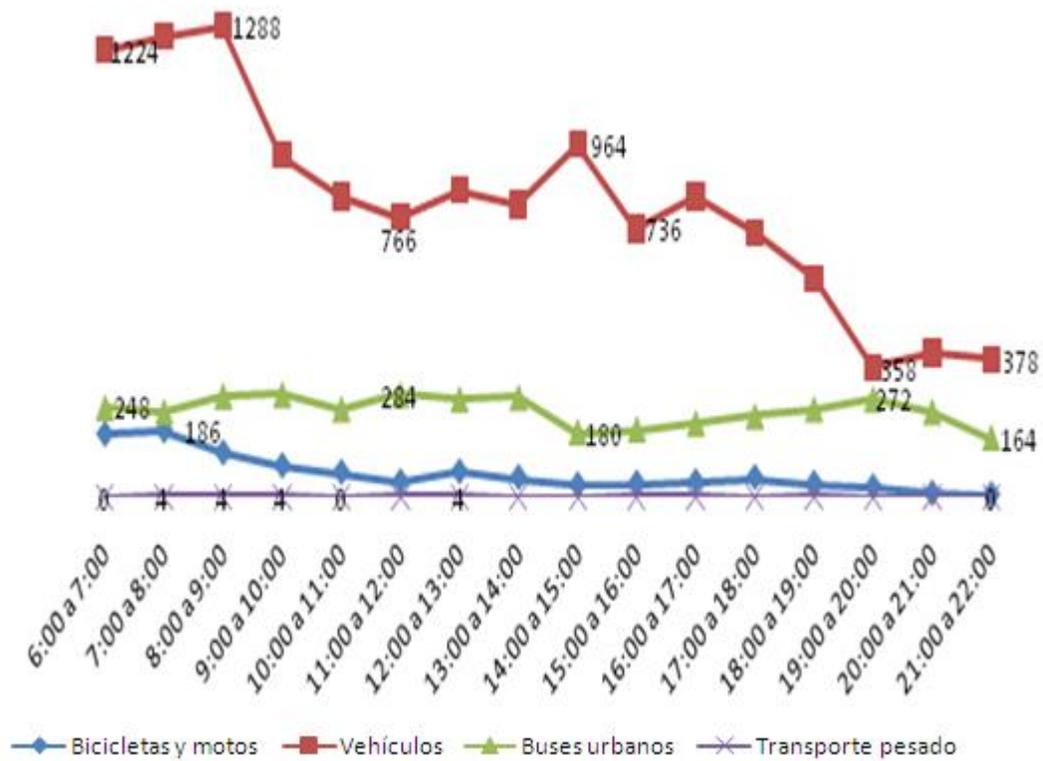
Interpretación: como puede observarse en gráfica del lunes, los vehículos son los más transitados de las 8:00 a 9:00 y 14:00 a 15:00 horas, la afluencia de buses urbanos se mantiene constante y la afluencia de motos y bicicletas disminuye en el día.

Tabla VII. **Datos del tránsito vehicular del martes**

Martes					
Hora	Bicicletas y motos	Vehículos	Buses urbanos	Transporte pesado	Total
6:00 a 7:00	176	1 224	248	0	1 648
7:00 a 8:00	186	1 258	236	4	1 684
8:00 a 9:00	124	1 288	280	4	1 696
9:00 a 10:00	88	936	284	4	1 312
10:00 a 11:00	70	824	244	0	1 138
11:00 a 12:00	44	766	284	4	1 098
12:00 a 13:00	72	840	272	4	1 188
13:00 a 14:00	56	800	276	0	1 132
14:00 a 15:00	36	964	180	0	1 180
15:00 a 16:00	40	736	188	4	968
16:00 a 17:00	44	824	204	4	1 076
17:00 a 18:00	56	724	224	0	1 004
18:00 a 19:00	40	600	244	4	888
19:00 a 20:00	30	358	272	0	660
20:00 a 21:00	12	396	236	0	644
21:00 a 22:00	8	378	164	0	550
TOTAL	1 082	12 916	3 836	32	17 866

Fuente: elaboración propia con base en resultados.

Figura 22. Variación horaria del volumen de tránsito del martes



Fuente: elaboración propia con base en resultados, con programa Excel Microsoft Office 2007.

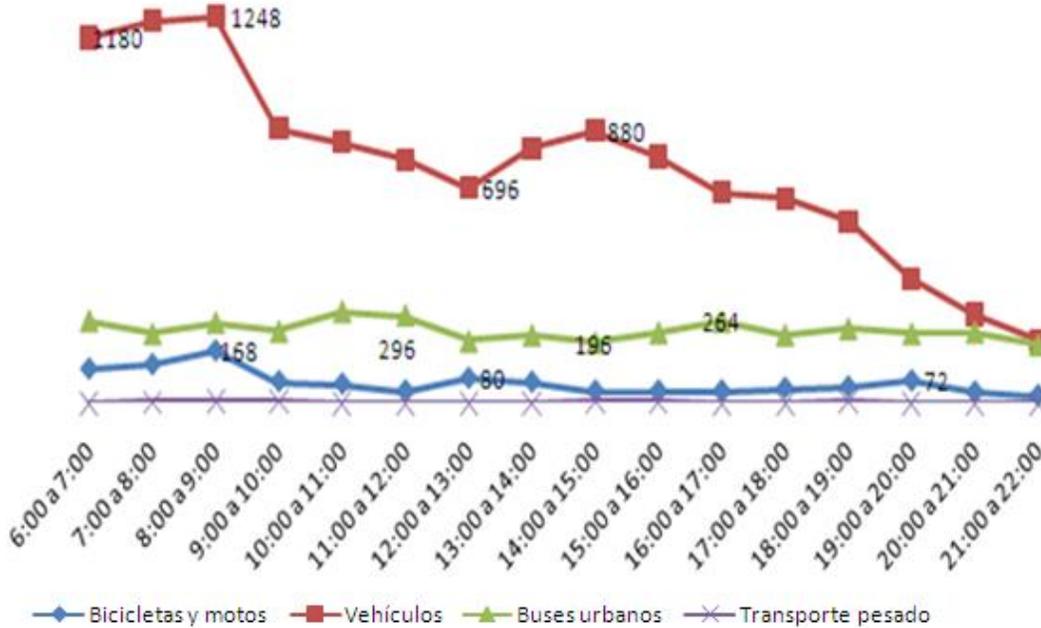
Interpretación: como puede observarse en la gráfica del martes, los vehículos son los más transitados de las 8:00 a 9:00 y 14:00 a 15:00 horas, la afluencia de buses urbanos aumentan en la noche de las 18:00 a 21:00 horas y la afluencia de motos y bicicletas disminuye en el día.

Tabla VIII. **Datos del tránsito vehicular del miércoles**

Miércoles					
Hora	Bicicletas y motos	Vehículos	Buses urbanos	Transporte pesado	Total
6:00 a 7:00	110	1 180	266	0	1 556
7:00 a 8:00	124	1 236	224	4	1 588
8:00 a 9:00	168	1 248	260	8	1 684
9:00 a 10:00	70	888	232	8	1 198
10:00 a 11:00	62	844	296	0	1 202
11:00 a 12:00	40	786	284	0	1 110
12:00 a 13:00	80	696	200	0	976
13:00 a 14:00	68	824	220	0	1 112
14:00 a 15:00	40	880	196	8	1 124
15:00 a 16:00	40	796	228	4	1 068
16:00 a 17:00	40	680	264	0	984
17:00 a 18:00	48	662	220	0	930
18:00 a 19:00	52	588	240	8	888
19:00 a 20:00	72	404	224	0	700
20:00 a 21:00	36	288	230	0	554
21:00 a 22:00	24	204	188	0	416
TOTAL	1 074	12 204	3 772	40	17 090

Fuente: elaboración propia con base en resultados.

Figura 23. Variación horaria del volumen de tránsito del miércoles



Fuente: elaboración propia con base en resultados, con programa Excel Microsoft Office 2007.

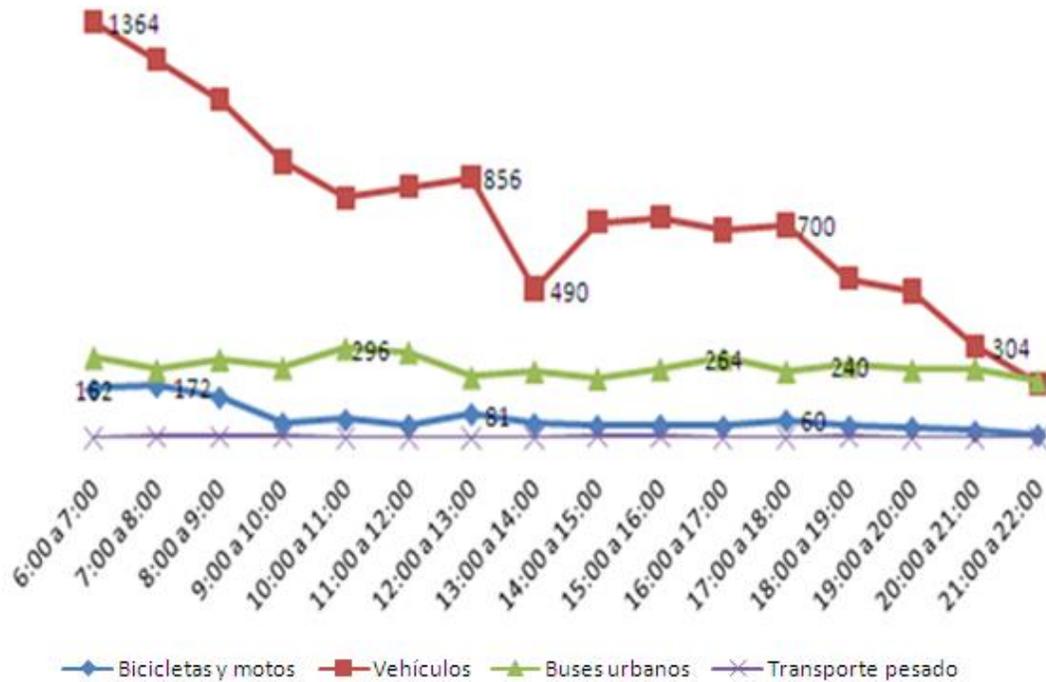
Interpretación: como puede observarse en la gráfica del miércoles, los vehículos son los más transitados de las 7:00 a 9:00 horas y 13:00 a 16:00 horas, la afluencia de buses urbanos se mantiene constante y la afluencia de motos y bicicletas disminuye en el día.

Tabla IX. **Datos del tránsito vehicular del jueves**

Jueves					
Hora	Bicicletas y motos	Vehículos	Buses urbanos	Transporte pesado	Total
6:00 a 7:00	162	1 364	266	0	1 792
7:00 a 8:00	172	1 244	224	4	1 644
8:00 a 9:00	136	1 112	260	4	1 512
9:00 a 10:00	50	906	232	4	1 192
10:00 a 11:00	62	788	296	0	1 146
11:00 a 12:00	44	824	284	0	1 152
12:00 a 13:00	81	856	200	0	1 137
13:00 a 14:00	48	490	220	0	758
14:00 a 15:00	42	708	196	8	954
15:00 a 16:00	44	724	228	4	1 000
16:00 a 17:00	40	684	264	0	988
17:00 a 18:00	60	700	220	0	980
18:00 a 19:00	40	524	240	4	808
19:00 a 20:00	36	482	224	0	742
20:00 a 21:00	24	304	230	0	558
21:00 a 22:00	12	180	188	0	380
TOTAL	1 053	11 890	3 772	28	16 743

Fuente: elaboración propia con base en resultados.

Figura 24. Variación horaria del volumen de tránsito del jueves



Fuente: elaboración propia con base en resultados, con programa Excel Microsoft Office 2007.

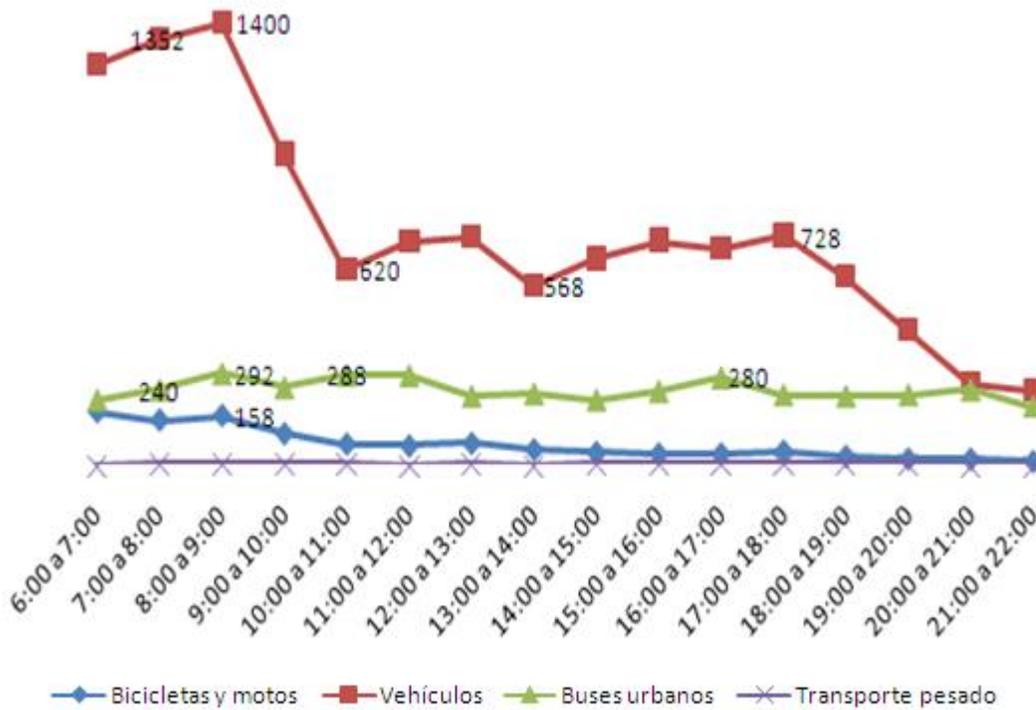
Interpretación: como puede observarse en la gráfica del jueves, los vehículos son los más transitados de las 6:00 a 8:00 horas y 12:00 a 13:00 horas, la afluencia de buses urbanos se mantiene constante y la afluencia de motos y bicicletas disminuye en el día.

TABLA X. Datos del tránsito vehicular del viernes

Viernes					
Hora	Bicicletas y motos	Vehículos	Buses urbanos	Transporte pesado	Total
6:00 a 7:00	170	1 270	208	0	1 648
7:00 a 8:00	144	1352	240	4	1 740
8:00 a 9:00	158	1400	292	4	1 854
9:00 a 10:00	102	984	248	4	1 338
10:00 a 11:00	70	620	288	4	982
11:00 a 12:00	64	708	286	0	1 058
12:00 a 13:00	72	724	220	4	1 020
13:00 a 14:00	52	568	228	0	848
14:00 a 15:00	44	654	208	4	910
15:00 a 16:00	40	712	236	4	992
16:00 a 17:00	40	684	280	4	1 008
17:00 a 18:00	48	728	224	4	1 004
18:00 a 19:00	32	600	220	4	856
19:00 a 20:00	24	428	224	4	680
20:00 a 21:00	24	258	240	0	522
21:00 a 22:00	16	238	188	0	442
TOTAL	1 100	11 928	3 830	44	16 902

Fuente: elaboración propia con base en resultados.

Figura 25. Variación horaria del volumen de tránsito del viernes



Fuente: elaboración propia con base en resultados, con programa Excel Microsoft Office 2007.

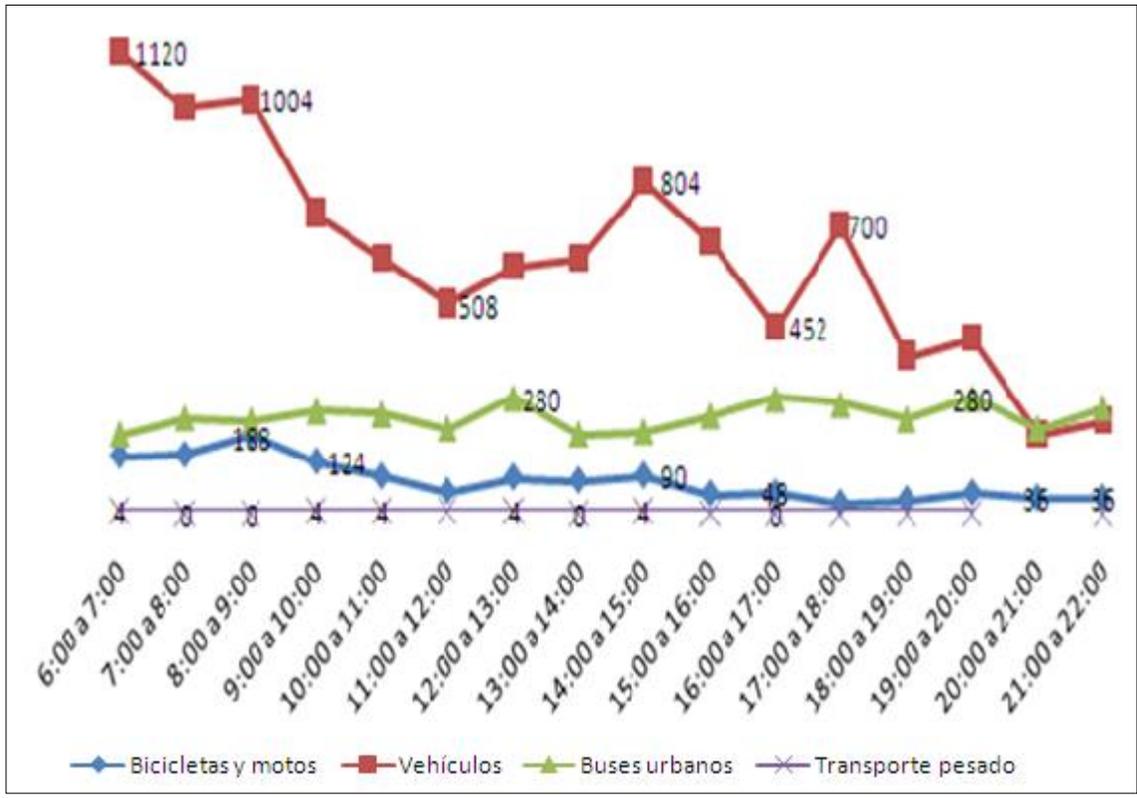
Interpretación: como puede observarse en la gráfica del viernes, los vehículos son los más transitados de las 8:00 a 9:00 horas, la afluencia de buses urbanos se mantiene constante y la afluencia de motos y bicicletas disminuye en el día.

Tabla XI. **Datos del tráfico vehicular del sábado**

Sábado					
Hora	Bicicletas y motos	Vehículos	Buses urbanos	Transporte pesado	Total
6:00 a 7:00	138	1 120	190	4	1 452
7:00 a 8:00	140	988	230	0	1 358
8:00 a 9:00	188	1 004	224	0	1 416
9:00 a 10:00	124	728	248	4	1 104
10:00 a 11:00	88	620	240	4	952
11:00 a 12:00	52	508	204	4	768
12:00 a 13:00	86	600	280	4	970
13:00 a 14:00	78	62	190	0	330
14:00 a 15:00	90	804	196	4	1 094
15:00 a 16:00	46	658	236	0	940
16:00 a 17:00	48	452	278	0	778
17:00 a 18:00	24	700	264	0	988
18:00 a 19:00	32	380	228	0	640
19:00 a 20:00	48	424	280	0	752
20:00 a 21:00	36	190	204	0	430
21:00 a 22:00	36	224	256	0	516
TOTAL	1 254	9 462	3 748	24	14 488

Fuente: elaboración propia con base en resultados.

Figura 26. Variación horaria del volumen de tránsito del sábado



Fuente: elaboración propia con base en resultados, con programa Excel Microsoft Office 2007.

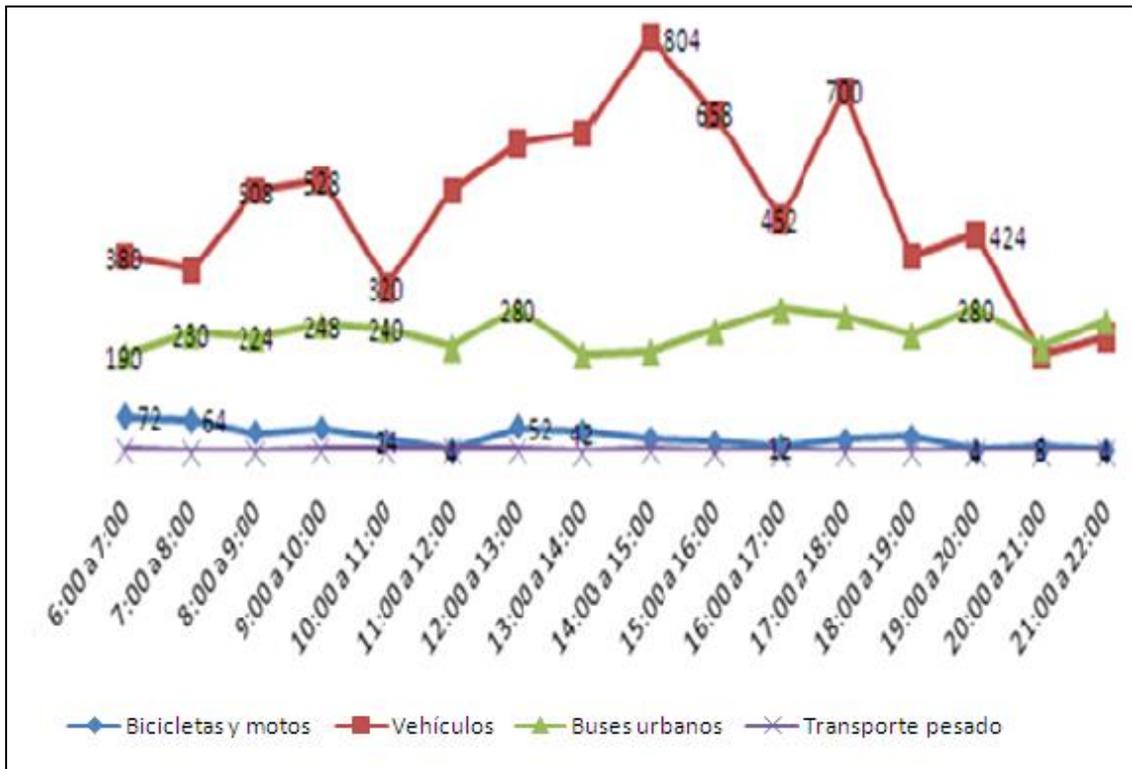
Interpretación: como puede observarse en gráfica del sábado, los vehículos son los más transitados de las 7:00 a 8:00 horas y la afluencia de buses urbanos aumenta a partir de las 15:00 a 20:00 horas y la afluencia de motos y bicicletas disminuye en el día.

Tabla XII. **Datos del tránsito vehicular del domingo**

Domingo					
Hora	Bicicletas y motos	Vehículos	Buses urbanos	Transporte pesado	Total
6:00 a 7:00	72	380	190	4	646
7:00 a 8:00	64	352	230	0	646
8:00 a 9:00	40	508	224	0	772
9:00 a 10:00	48	528	248	4	828
10:00 a 11:00	24	320	240	4	588
11:00 a 12:00	4	508	204	4	720
12:00 a 13:00	52	600	280	4	936
13:00 a 14:00	42	62	190	0	294
14:00 a 15:00	28	804	196	4	1 032
15:00 a 16:00	20	658	236	0	914
16:00 a 17:00	12	452	278	0	742
17:00 a 18:00	24	700	264	0	988
18:00 a 19:00	32	380	228	0	640
19:00 a 20:00	4	424	280	0	708
20:00 a 21:00	8	190	204	0	402
21:00 a 22:00	4	224	256	0	484
TOTAL	478	7 090	3 748	24	11 340

Fuente: elaboración propia con base en resultados.

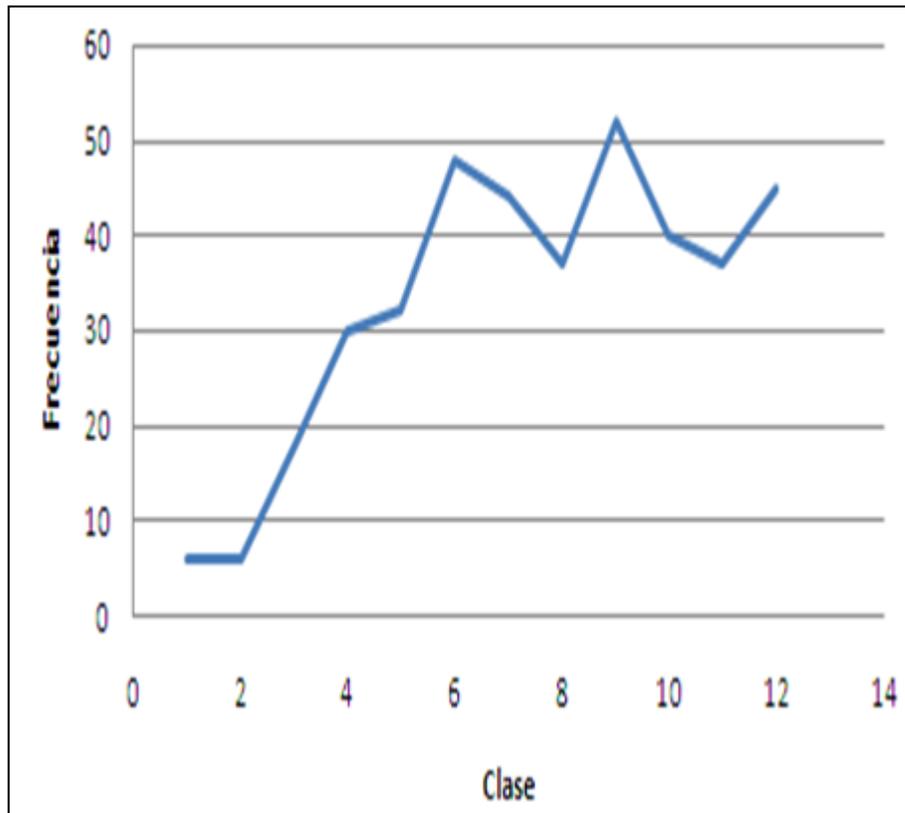
Figura 27. Variación horaria del volumen de tránsito del domingo



Fuente: elaboración propia con base en resultados, con programa Excel Microsoft Office 2007.

Interpretación: como puede observarse en la gráfica de estadística del domingo, los vehículos son los más transitados de las 14:00 a 15:00 horas, y la afluencia de buses urbanos aumenta a partir de las 11:00 a 13:00 horas y 18:00 a 20:00 horas y la afluencia de motos y bicicletas disminuye en el día.

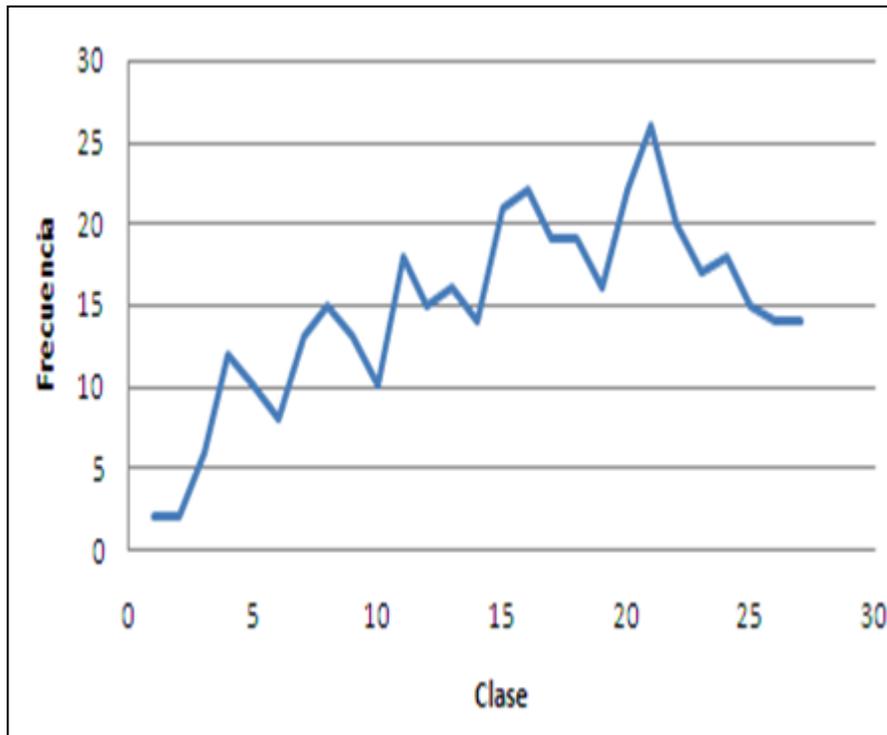
Figura 28. **El comportamiento vehicular en la 14 avenida norte**



Fuente: elaboración propia con base en resultados, con programa Excel Microsoft Office 2007.

Interpretación: en la figura 28 se muestra una gráfica de estadística del semáforo de la 14 avenida norte, en donde indica que el flujo del tránsito vehicular es constante, los picos de la gráfica indican la probabilidad de 26 % que tiene ese semáforo que ocurran colas.

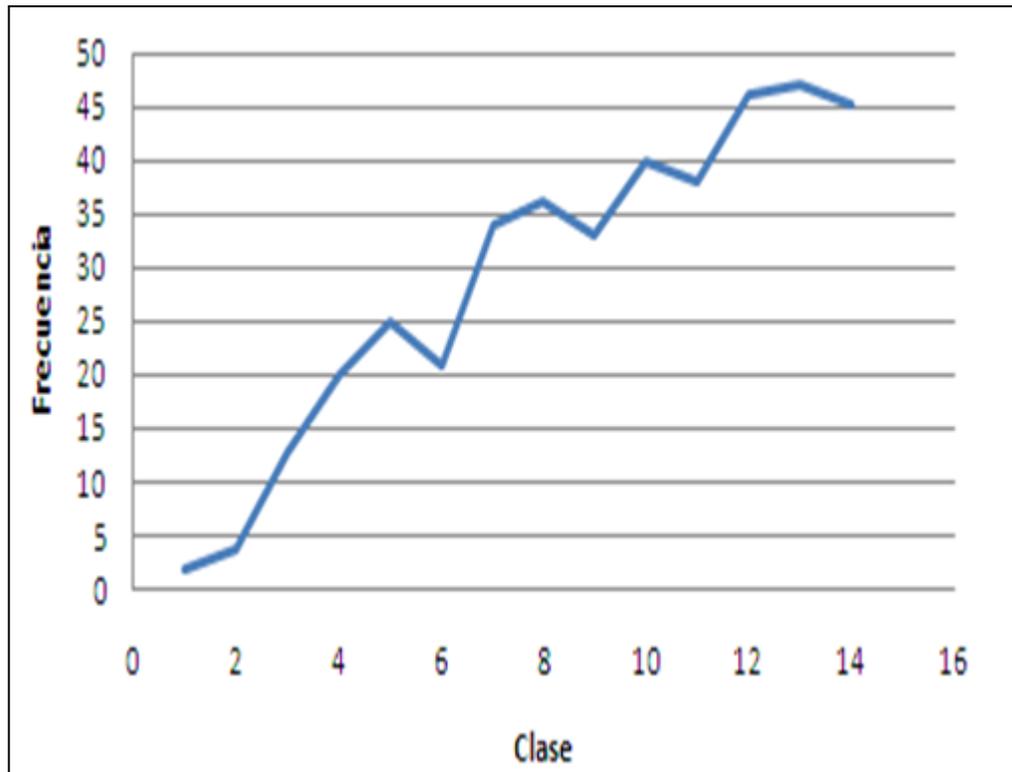
Figura 29. **El comportamiento vehicular en la 14 avenida sur**



Fuente: elaboración propia con base en resultados, con programa Excel Microsoft Office 2007.

Interpretación: en la figura 29 se muestra una gráfica de estadística del semáforo de la 14 avenida sur, en donde indica que el flujo del tránsito vehicular no es constante, los picos de la gráfica indican la existencia de una probabilidad de 82 % que tiene ese semáforo que ocurran colas.

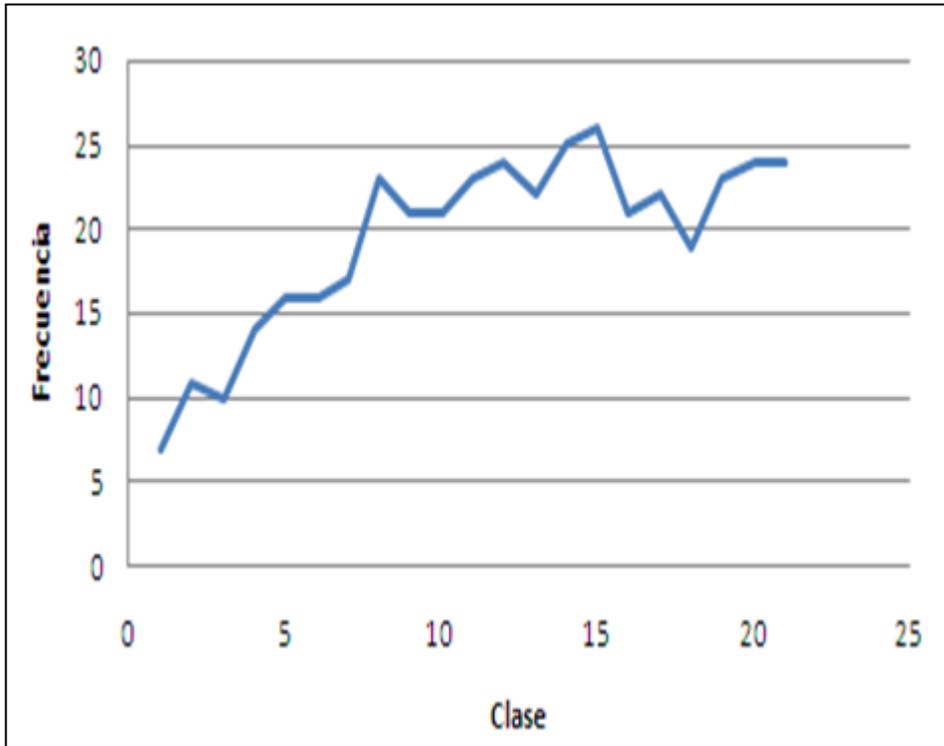
Figura 30. **El comportamiento vehicular en la 14 avenida este**



Fuente: elaboración propia con base en resultados, con programa Excel Microsoft Office 2007.

Interpretación: en la figura 30 se muestra una gráfica de estadística del semáforo de la 14 avenida este, en donde indica que el flujo del tránsito vehicular disminuye, la ausencia de picos en la gráfica indican la existencia de una probabilidad de 12 % que tiene ese semáforo que ocurran colas.

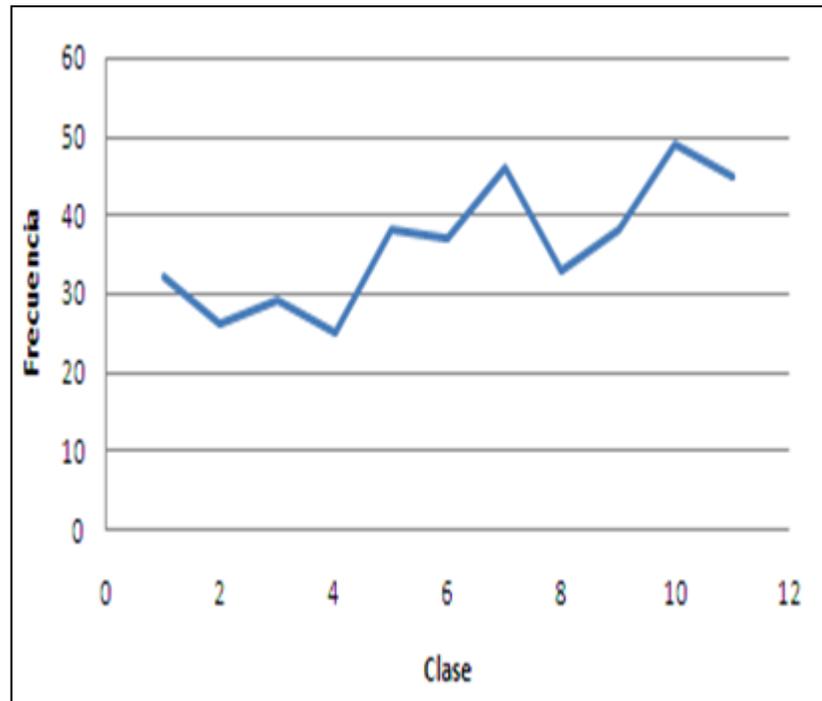
Figura 31. **El comportamiento vehicular en la 14 avenida oeste**



Fuente: elaboración propia con base en resultados, con programa Excel Microsoft Office 2007.

Interpretación: en la figura 31 se muestra una gráfica de estadística del semáforo de la 14 avenida oeste, en donde indica que el flujo del tránsito vehicular es constante, los picos de la gráfica indican la probabilidad de 48 % que tiene ese semáforo que ocurran colas.

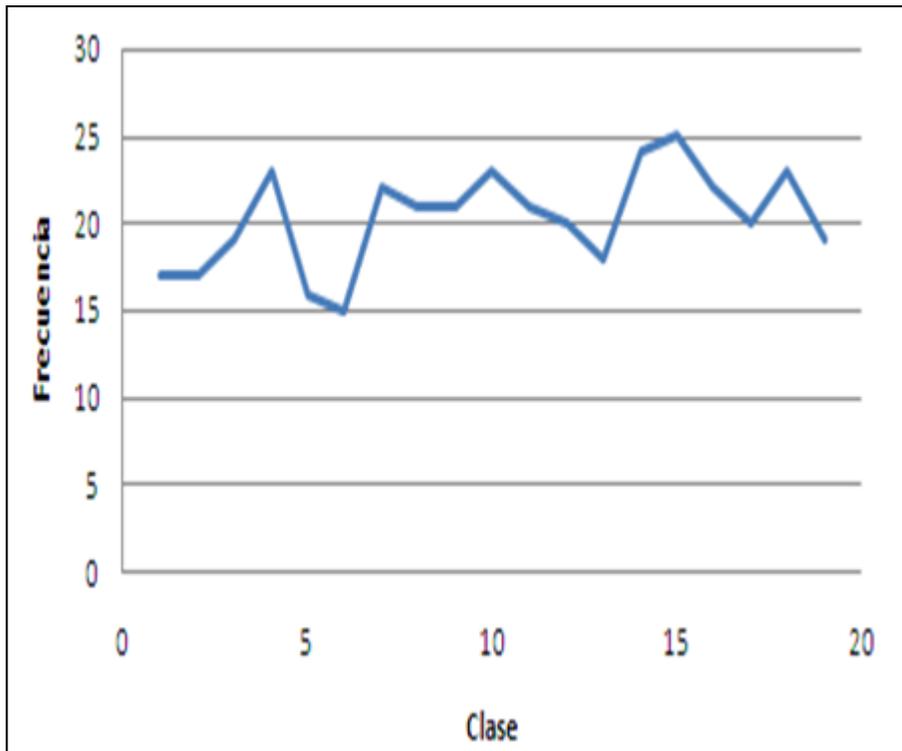
Figura 32. **El comportamiento vehicular en la 15 avenida norte**



Fuente: elaboración propia con base en resultados, con programa Excel Microsoft Office 2007.

Interpretación: en la figura 32 se muestra una gráfica de estadística del semáforo de la 15 avenida norte, en donde indica que el flujo del tránsito vehicular no es constante, los picos de la gráfica indican la probabilidad de 72 % que tiene ese semáforo que ocurran colas.

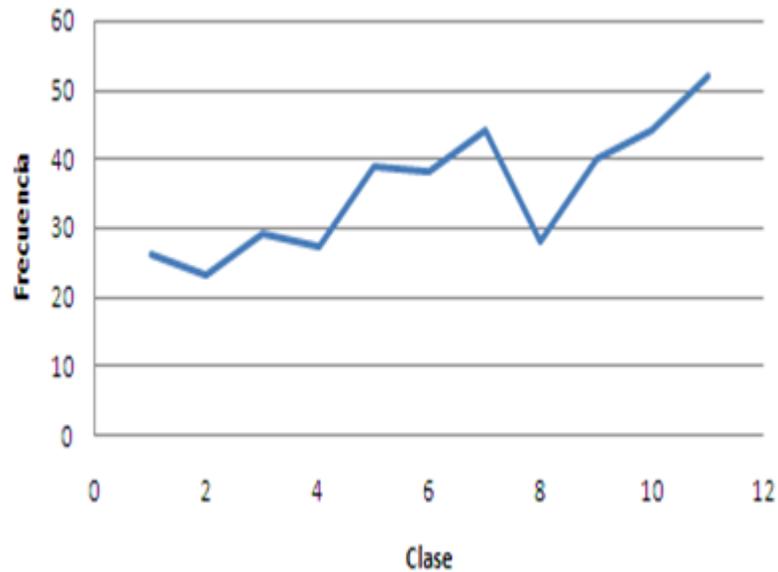
Figura 33. **El comportamiento vehicular en la 15 avenida sur**



Fuente: elaboración propia con base en resultados, con programa Excel Microsoft Office 2007.

Interpretación: en la figura 33 se muestra una gráfica de estadística del semáforo de la 15 avenida sur, en donde indica que el flujo del tránsito vehicular no es constante, los picos de la gráfica indican la probabilidad de 77 % que tiene ese semáforo que ocurran colas.

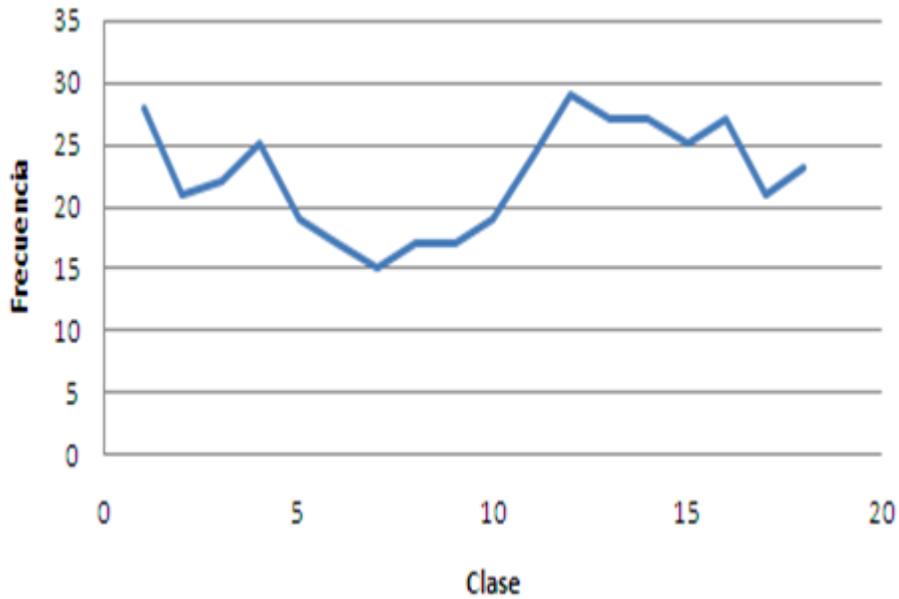
Figura 34. **El comportamiento vehicular en la 15 avenida este**



Fuente: elaboración propia con base en resultados, con programa Excel Microsoft Office 2007.

Interpretación: en la figura 34 se muestra una gráfica de estadística del semáforo de la 15 avenida este, en donde indica que el flujo del tránsito vehicular es constante, los picos de la gráfica indican la probabilidad de 32 % que tiene ese semáforo que ocurran colas.

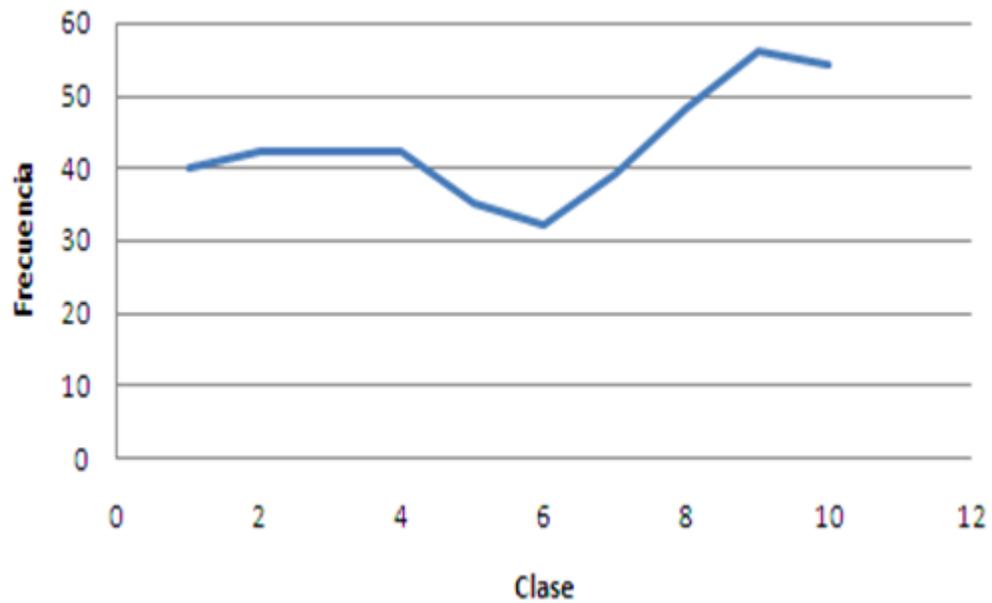
Figura 35. **El comportamiento vehicular en la 15 avenida oeste**



Fuente: elaboración propia con base en resultados, con programa Excel Microsoft Office 2007.

Interpretación: en la figura 35 se muestra una gráfica de estadística del semáforo de la 15 avenida oeste, en donde indica que el flujo del tránsito vehicular no es constante, los picos de la gráfica indican la probabilidad de 17 % que tiene ese semáforo que ocurran colas.

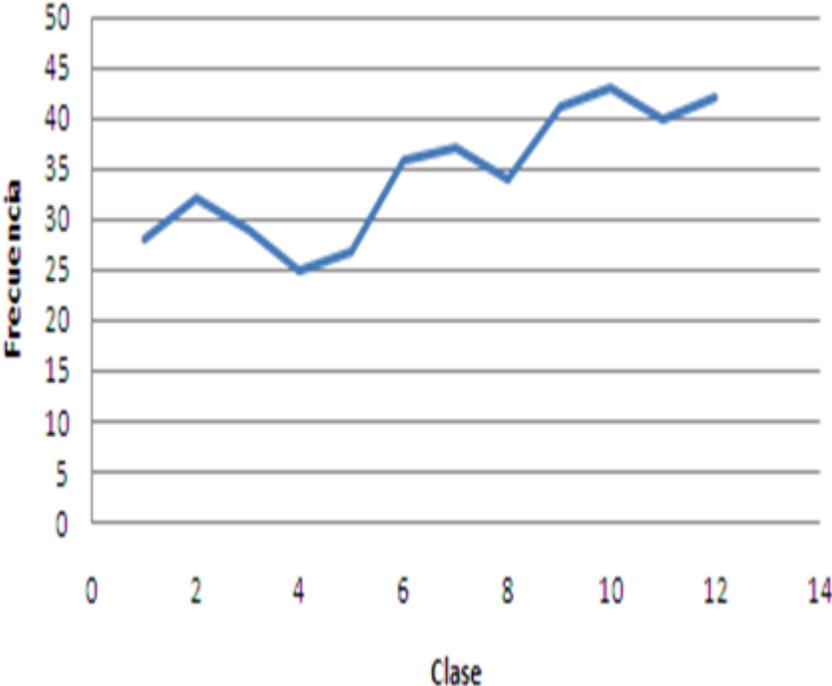
Figura 36. El comportamiento vehicular en la 19 avenida norte



Fuente: elaboración propia con base en resultados, con programa Excel Microsoft Office 2007.

Interpretación: en la figura 36 se muestra una gráfica de estadística del semáforo de la 19 avenida norte, en donde indica que el flujo del tránsito vehicular es constante, los picos de la gráfica indican la probabilidad de 6 % que tiene ese semáforo que ocurran colas.

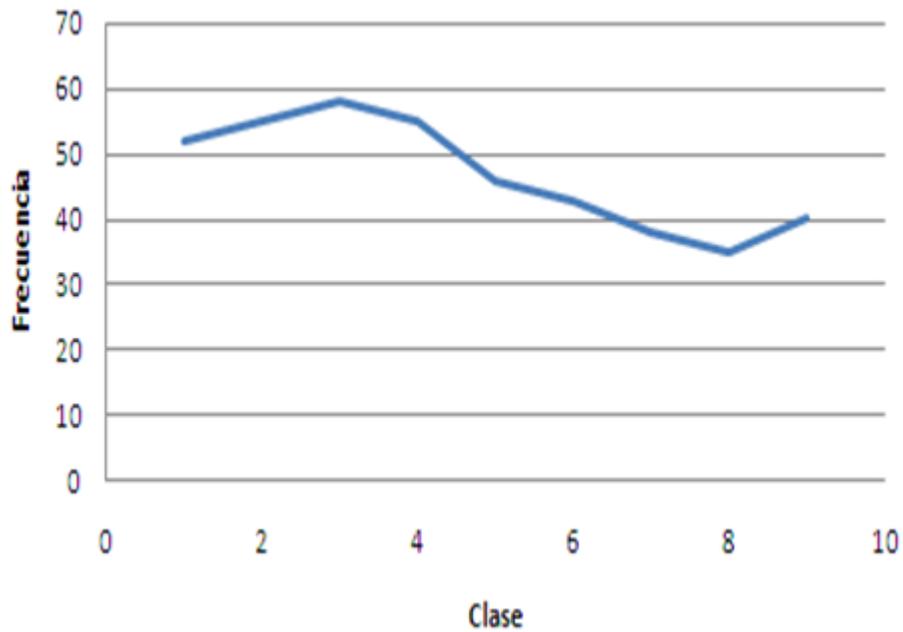
Figura 37. **El comportamiento vehicular en la 19 avenida sur**



Fuente: elaboración propia con base en resultados, con programa Excel Microsoft Office 2007.

Interpretación: en la figura 37 se muestra una gráfica de estadística del semáforo de la 19 avenida sur, en donde indica que el flujo del tránsito vehicular es constante, los picos de la gráfica indican la probabilidad de 21 % que tiene ese semáforo que ocurran colas.

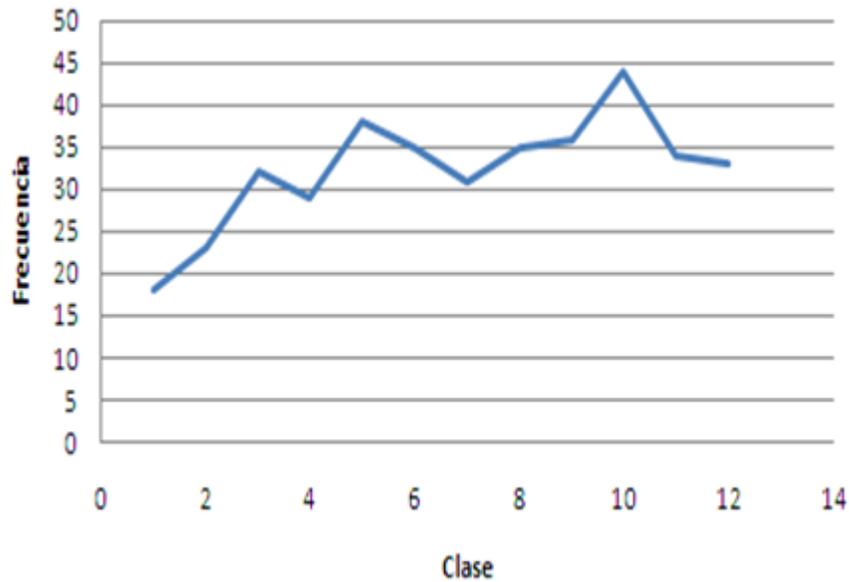
Figura 38. **El comportamiento vehicular en la 19 avenida este**



Fuente: elaboración propia con base en resultados, con programa Excel Microsoft Office 2007.

Interpretación: en la figura 38 se muestra una gráfica de estadística del semáforo de la 19 avenida este, en donde indica que el flujo del tránsito vehicular es constante y que disminuye en el tiempo, los picos de la gráfica indican la probabilidad de 4 % que tiene ese semáforo que ocurran colas.

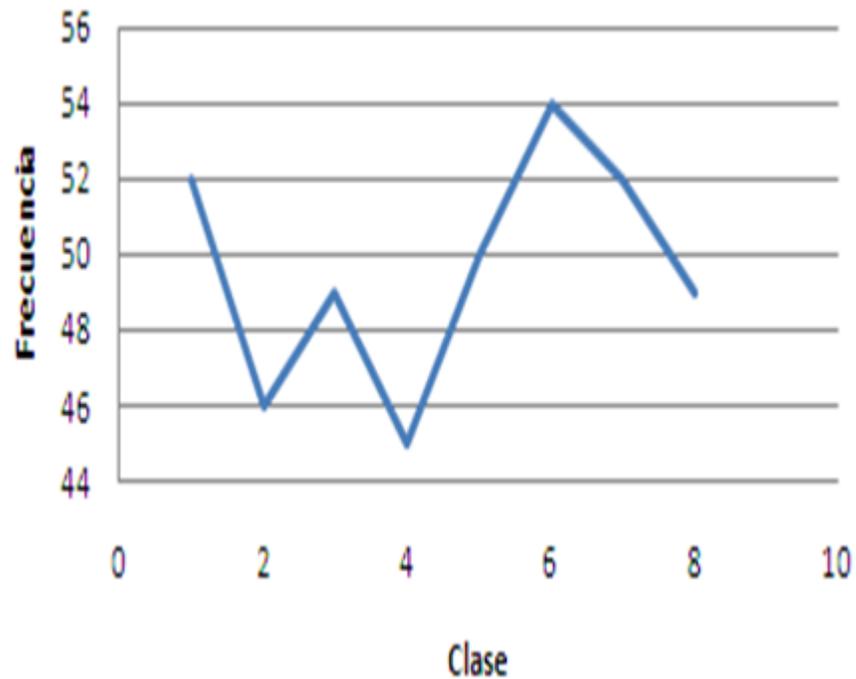
Figura 39. **El comportamiento vehicular en la 19 avenida oeste**



Fuente: elaboración propia con base en resultados, con programa Excel Microsoft Office 2007.

Interpretación: en la figura 39 se muestra una gráfica de estadística del semáforo de la 19 avenida oeste, en donde indica que el flujo del tránsito vehicular es constante y que aumenta en el tiempo, los picos de la gráfica indican la probabilidad de 54 % que tiene ese semáforo que ocurran colas.

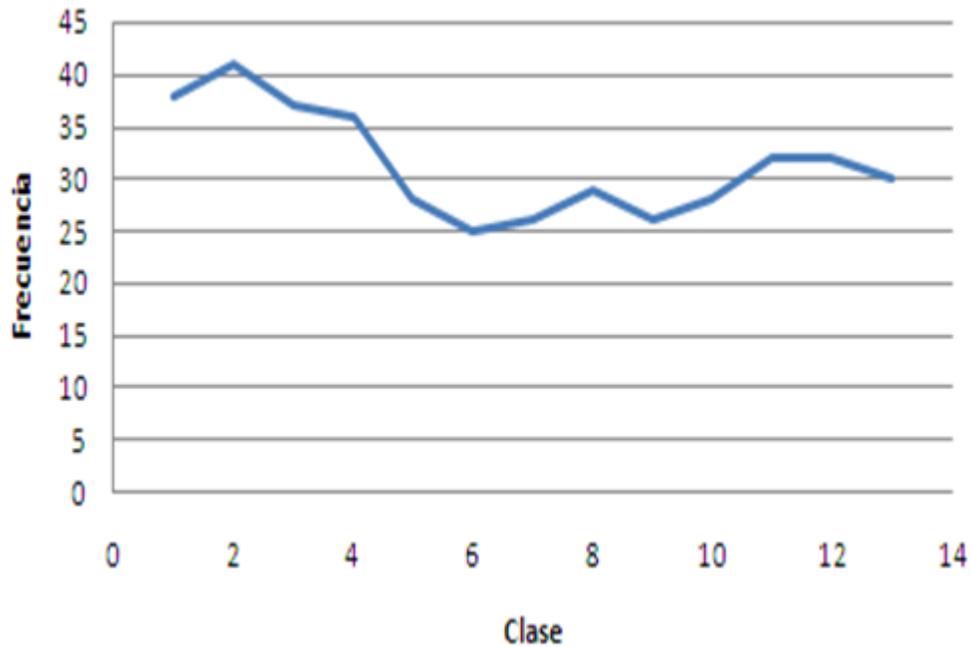
Figura 40. **El comportamiento vehicular en la 24 avenida norte**



Fuente: elaboración propia con base en resultados, con programa Excel Microsoft Office 2007.

Interpretación: en la figura 40 se muestra una gráfica de estadística del semáforo de la 24 avenida norte, en donde indica que el flujo del tránsito vehicular es constante y que aumenta en el tiempo, los picos de la gráfica indican la probabilidad de 65 % que tiene ese semáforo que ocurran colas.

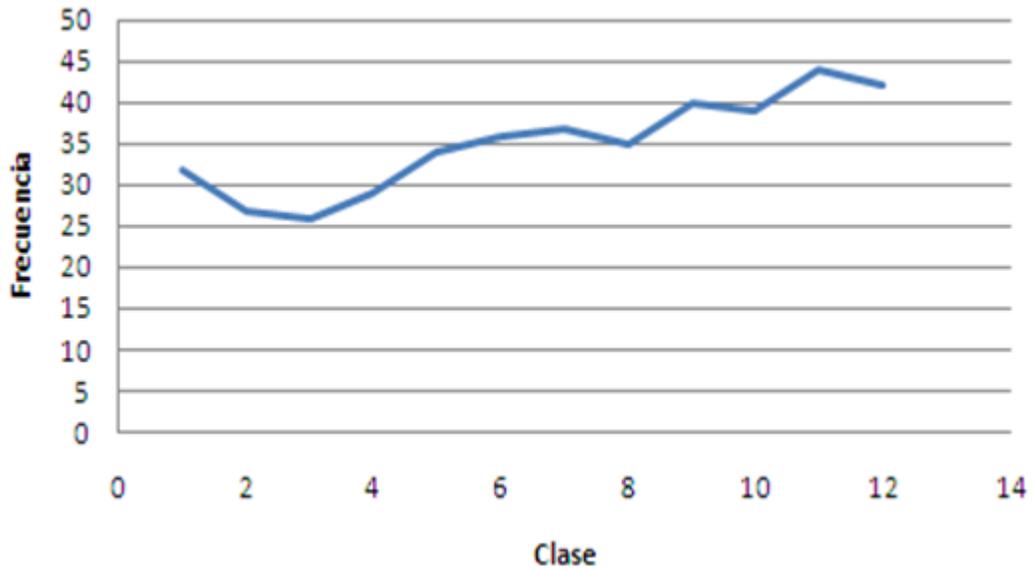
Figura 41. **El comportamiento vehicular en la 24 avenida sur**



Fuente: elaboración propia con base en resultados, con programa Excel Microsoft Office 2007.

Interpretación: en la figura 41 se muestra una gráfica de estadística del semáforo de la 24 avenida sur, en donde indica que el flujo del tránsito vehicular es constante y que disminuye en el tiempo, los picos de la gráfica indican la probabilidad de 13 % que tiene ese semáforo que ocurran colas.

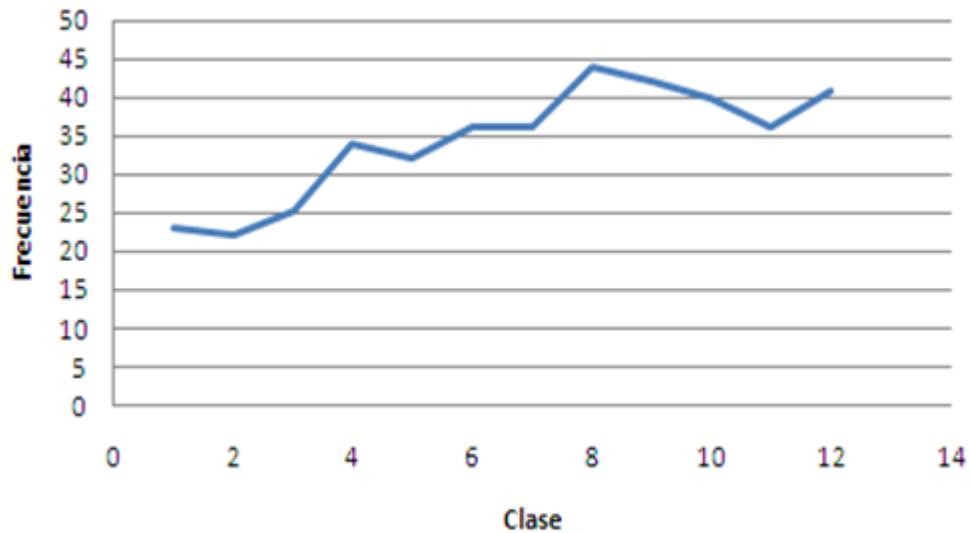
Figura 42. **El comportamiento vehicular en la 24 avenida este**



Fuente: elaboración propia con base en resultados, con programa Excel Microsoft Office 2007.

Interpretación: en la figura 42 se muestra una gráfica de estadística del semáforo de la 24 avenida este, en donde indica que el flujo del tránsito vehicular es constante y que aumenta en el tiempo, los picos de la gráfica indican la probabilidad de 16 % que tiene ese semáforo que ocurran colas.

Figura 43. **El comportamiento vehicular en la 24 avenida oeste**



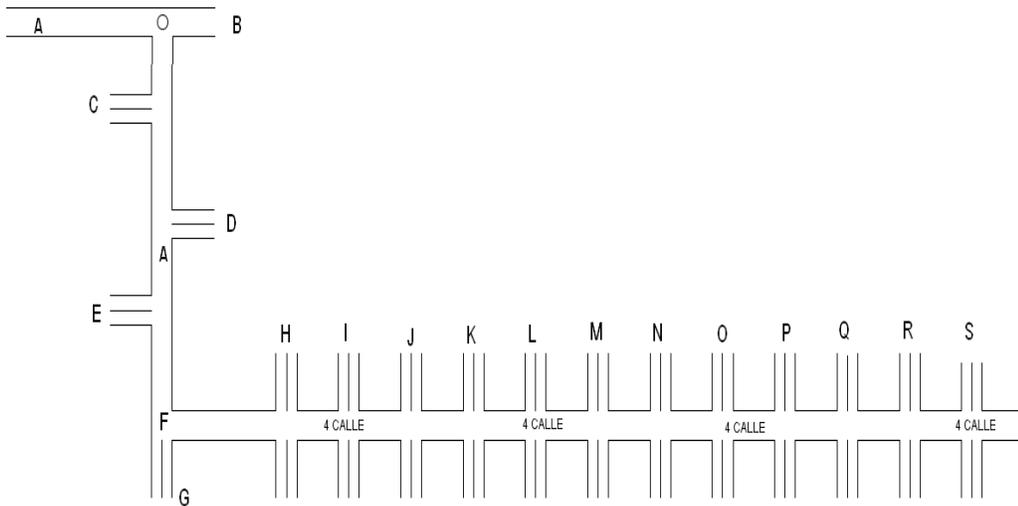
Fuente: elaboración propia con base en resultados, con programa Excel Microsoft Office 2007.

Interpretación: en la figura 43 se muestra una gráfica de estadística del semáforo de la 24 avenida oeste, en donde indica que el flujo del tránsito vehicular es constante y que aumenta en el tiempo, los picos de la gráfica indican la probabilidad de 38 % que tiene ese semáforo que ocurran colas.

4. PROPUESTA DE MEJORAS DE LA RED VIAL DE LA 4 CALLE Y AVENIDA LAS AMÉRICAS

A continuación se presenta una solución técnica sobre la señalización de la 4 calle y Avenida las Américas de la zona 3 Quetzaltenango.

Figura 44. **Croquis de la 4 calle y avenida Las Américas**



A = Avenida las Américas	H= 25 Avenida	O= 18 Avenida
B= 1 Calle	I = 24 Avenida	P = 17 Avenida
C= 2 Calle	J= 23 Avenida	Q = 16 Avenida
D= 3 Calle	K= 22 Avenida	R= 15 Avenida
E = 4 Calle	L = 21 Avenida	S= 14 Avenida
F= Paso a desnivel	M= 20 Avenida	

Fuente: elaboración propia con base en resultados, con programa Geobebra.

4.1. Propuesta de mejoras en señalización

A continuación se presenta la propuesta en infraestructura, señalización informativa, señalización horizontal, señalización preventiva y señalización vertical.

4.1.1. Infraestructura

- Colocación de arriarte de concreto para el área verde a lo largo de los siguientes lugares: 19 avenida (N), 20 avenida (M), 21 avenida (L), 22 avenida (K) y 23 avenida (J).

4.1.2. Señalización informativo

- Señalización de calles y avenidas con leyenda y tamaño visible en los siguientes lugares: 16 avenida (Q), 17 avenida (P), 18 avenida (O), 20 avenida (M), 21 avenida (L), 22 avenida (K) y 23 avenida (J).

4.1.3. Señalización horizontal

- Impresión de cebras para el paso a peatones: 14 avenida (S), 15 avenida (R), 19 avenida (N) y en 24 avenida (I).
- Señalización horizontal de la línea divisoria de carril en toda las 4 calle y avenida Las Américas.

4.1.4. Señalización preventiva

- Señalización vertical de colocación de alto en los siguientes lugares: en la 17 avenida (P), 20 avenida (M), 23 avenida (J), 25 avenida (H), en la avenida Las Américas (D).

4.1.5. Señalización vertical

- Eliminar vallas publicitarias en los siguientes lugares: 19 avenida (N) y avenida Las Américas (D).
- Señalamiento en el puente a desnivel indicando la dirección de calles y avenidas.

4.2. Propuesta de mejoras en la semaforización y reprogramación

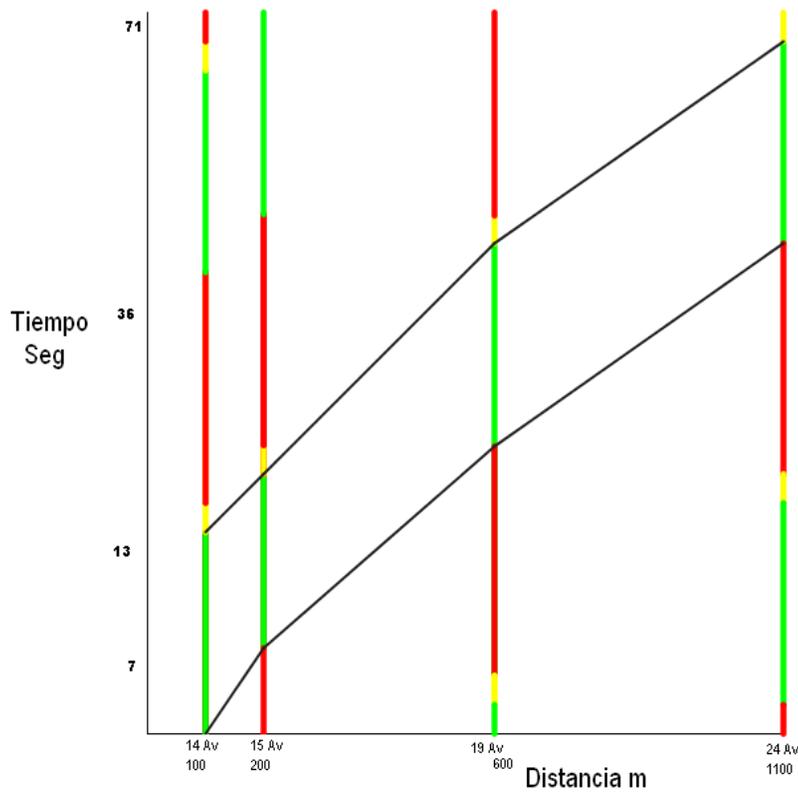
A continuación se presenta la propuesta de la reprogramación de los semáforos en la 14 avenida, 15 avenida, 19 avenida y 24 avenida.

4.2.1. Reprogramación de los semáforos

- Para los semáforos que están en la 14 avenida, 15 avenida, 19 avenida y 24 avenida, se tiene una programación de propuesta de verde 20 seg, amarillo 3 seg y rojo 35 seg.
- Para los semáforos que están sobre 4 calle se tiene una programación de propuesta de verde 30 seg, amarillo 5 seg y rojo 23 seg.

Con la sincronización entre los 4 semáforos para una velocidad promedio mínima de 30 Km/h y una velocidad máxima 50 Km/h. Presentando el siguiente modelo para la sincronización.

Figura 45. **El modelo para la semaforización de la 4 calle zona 3**



Fuente: elaboración propia con base en resultados, con programa Excel Microsoft Office 2007

CONCLUSIONES

1. La señalización informativa, señalización horizontal y la señalización vertical en el puente a desnivel, 4 calle y avenida Las Américas no es la adecuada para los conductores que conducen en esas vías.
2. El TPA para la 4 calle y avenida Las Américas, es de 13 411 vehículos mixtos al día.
3. La semaforización en la 4 calle no es la adecuada para el aforo vehicular que tiene esa vía.
4. La afluencia mayor en el flujo vehicular son vehículos de 2 ejes, después siguen los buses urbanos, motos, bicicleta y por último el transporte pesado.
5. Los días de mayor afluencia del flujo vehicular son los lunes y viernes y los de menor afluencia vehicular son el sábado y el domingo.
6. Los semáforos con mayor probabilidad de ocurrencia de colas son los 15 avenida y con menor probabilidad es la 19 avenida.
7. La mayor probabilidad de ocurrencia de colas, son los semáforos que se encuentran en la trayectoria de este-oeste.

RECOMENDACIONES

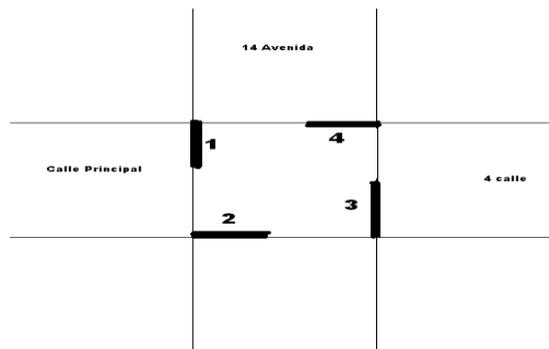
1. Para la señalización informativa, horizontal y la señalización vertical en el puente a desnivel, 4 calle y avenida las Américas, darle el mantenimiento adecuado cada cierto tiempo, y cuando lo necesite.
2. Para establecer los futuros aforos vehiculares tomar en cuenta el crecimiento vehicular en la ciudad de Quetzaltenango.
3. Evaluar cada año el aforo vehicular para hacer los ajustes en la reprogramación en los semáforos.
4. Hacer un estudio vial del flujo vehicular del puente a desnivel.
5. Utilizar islas direccionales cuando el tránsito aumente.
6. Prohibir el paso a vehículos pesados en horarios de 06:00 a 21:00 hrs.
7. Establecer como velocidad máxima 70 km/h y una velocidad mínima de 20 km/h.
8. Que se reglamente para solucionar el problema que constituyen las vallas publicitarias que opacan a las señales de tránsito.
9. Que la Municipalidad de Quetzaltenango instale señales con el nombre de cada calle y avenida.

BIBLIOGRAFÍA

1. GRANDA JERÉZ; Ana Beatriz. *Actualización de la señalización vial en Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1998. 148 p.
2. JARAMILLO RAMÍREZ; Daniel. *Simulación y control de tráfico vehicular por semaforización*. Trabajo de graduación de Ing. Electrónica. Medellín, Colombia: Universidad Pontificia Bolivariana, Escuela de Ingeniería, 2005. 168 p.
3. RESTREJO GONZÁLEZ, Mauricio; SEPÚLVEDA ABALO, Edward Joan. *Aplicación de teoría de colas en los semáforos para mejorar la movilidad en la carrera 7 entre calles 15 y 20 de la ciudad de Pereira*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira, 2010. 194 p.
4. ZÁRATE AIMA; Ricardo Rafael. *Método para obtener planes de tiempo semaforicos óptimos en intersecciones congestionadas*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial y de Sistemas. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería, 2009. 214 p.

APÉNDICE

Figura 1. El croquis de la 14 Avenida



Fuente: elaboración propia.

Tabla I. Las frecuencias del semáforo 14 avenida norte

Semáforo 14 calle 4 calle norte			
Clase	Frecuencia	Frecuencia acumulada	Frecuencia relativa acumulada
1	6	6	1,02 %
2	6	12	3,04 %
3	18	30	7,59 %
4	30	60	15,16 %
5	32	92	23,29 %
6	48	140	35,44 %
7	44	184	46,58 %

Fuente: elaboración propia con base en resultados.

Tabla II. **Datos estadísticos del semáforo 14 Avenida norte**

Recuento	395
Promedio	38
Desviación estándar	12,1
Mínimo	12
Máximo	52
Curtosis	0,263

Fuente: elaboración propia con base en resultados.

Tabla III. **Las frecuencias del semáforo 14 Avenida sur**

Semáforo de la 14 calle sur			
Clase	Frecuencia	Frecuencia acumulada	Frecuencia relativa acumulada
1	2	2	0,50 %
2	2	4	1,00 %
3	6	10	2,52 %
4	12	22	5,54 %
5	10	32	8,06 %
6	8	40	10,08 %
7	13	53	13,35 %
8	15	68	17,13 %
9	13	81	20,40 %
10	10	91	22,92 %
11	18	109	27,46 %
12	15	124	31,23 %
13	16	140	35,26 %
14	14	154	38,79 %
15	21	175	44,08 %
16	22	197	49,62 %
17	19	216	54,41 %
18	19	235	59,19 %
19	16	251	63,22 %
20	22	273	68,77 %
21	26	299	75,31 %
22	20	319	80,35 %
23	17	336	84,63 %

Fuente: elaboración propia con base en resultados.

Tabla IV. **Datos estadísticos del semáforo 14 Avenida sur**

Recuento	397
Promedio	15
Desviación estándar	4,33
Mínimo	4
Máximo	26
Curtosis	0,6

Fuente: elaboración propia con base en resultados.

Tabla V. **Las frecuencias del semáforo 14 Avenida este**

Semáforo 14 calle 4 calle 1 este			
Clase	Frecuencia	Frecuencia acumulada	Frecuencia relativa acumulada
1	2	2	1 %
2	4	6	1,00 %
3	13	19	4,70 %
4	20	39	9,65 %
5	25	64	15,84 %
6	21	85	21,04 %
7	34	119	29,46 %
8	36	155	38,36 %
9	33	188	46,53 %
10	40	228	56,43 %
11	38	266	65,84 %
12	46	312	77,22 %
13	47	359	88,11 %
14	45	404	100,00 %

Fuente: elaboración propia con base en resultados.

Tabla VI. **Datos estadísticos del semáforo 14 Avenida este**

Recuento	404
Promedio	34
Desviación estándar	12,59
Mínimo	6
Máximo	40
Curtosis	0,68

Fuente: elaboración propia con base en resultados.

Tabla VII. **Las frecuencias del semáforo 14 Avenida (4)**

Semáforo de la 14 calle oeste			
Clase	Frecuencia	Frecuencia acumulada	Frecuencia relativa acumulada
1	7	7	7,07 %
2	11	18	4,51 %
3	10	28	7,01 %
4	14	32	8,02 %
5	16	48	12,03 %
6	16	64	16,04 %
7	17	81	20,30 %
8	23	104	26,06 %
9	21	125	31,32 %
10	21	146	36,59 %
11	23	169	42,35 %
12	24	193	48,37 %
13	22	215	53,88 %
14	25	240	60,15 %
15	26	266	66,67 %
16	21	287	71,92 %
17	22	309	77,44 %
18	19	328	82,20 %
19	23	351	87,96 %
20	24	375	93,98 %
21	24	399	100,00 %

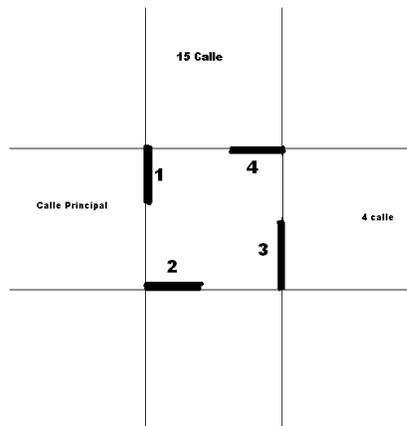
Fuente: elaboración propia con base en resultados.

Tabla VII. **Datos estadísticos del semáforo 14 Avenida oeste**

Recuento	399
Promedio	21
Desviación estándar	4,36
Mínimo	7
Máximo	26
Curtosis	0,097

Fuente: elaboración propia con base en resultados.

Figura 2. **El croquis de la 15 avenida**



Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Las frecuencias del semáforo 15 Avenida norte**

semáforo 15 calle norte			
Clase	Frecuencia	Frecuencia acumulada	Frecuencia relativa acumulada
1	32	32	8,04 %
2	26	58	14,57 %
3	29	87	21,86 %
4	25	112	28,14 %
5	38	150	37,69 %
6	37	187	46,98 %
7	46	233	58,54 %
8	33	266	66,83 %
9	38	304	76,38 %
10	49	353	88,69 %
11	45	398	100,00 %

Fuente: elaboración propia con base en resultados.

Tabla X. **Datos estadísticos del semáforo 15 Avenida norte**

Recuento	398
Promedio	37
Desviación estándar	6,53
Mínimo	25
Máximo	49
Curtosis	1,08

Fuente: elaboración propia con base en resultados.

Tabla XI. Las frecuencias del semáforo 15 Avenida sur

Semáforo 15 calle sur			
Clase	Frecuencia	Frecuencia acumulada	Frecuencia relativa acumulada
1	17	17	4,40 %
2	17	34	8,80 %
3	19	53	13,73 %
4	23	76	19,69 %
5	16	92	23,83 %
6	15	107	27,72 %
7	22	129	33,42 %
8	21	150	38,86 %
9	21	171	44,30 %
10	23	194	50,26 %
11	21	215	55,70 %
12	20	235	60,88 %
13	18	253	65,54 %
14	24	277	71,76 %
15	25	302	78,24 %
16	22	324	83,94 %
17	20	344	89,12 %
18	23	367	95,07 %
19	19	386	100,00 %

Fuente: elaboración propia con base en resultados.

Tabla XII. Datos estadísticos del semáforo 15 Avenida sur

Recuento	386
Promedio	21
Desviación estándar	2,3
Mínimo	15
Máximo	25
Curtosis	0,46

Fuente: elaboración propia con base en resultados.

Tabla XIII. **Las frecuencias del semáforo 15 Avenida este**

semáforo 15 calle este			
Clase	Frecuencia	Frecuencia acumulada	Frecuencia relativa
			acumulada
1	26	26	6,51 %
2	23	49	12,28 %
3	29	78	19,55 %
4	27	105	26,31 %
5	39	144	36,09 %
6	38	182	45,61 %
7	44	226	57,94 %
8	28	254	65,12 %
9	40	294	75,38 %
10	44	338	86,67 %
11	52	390	100,00 %

Fuente: elaboración propia con base en resultados.

Tabla XIV. **Datos estadísticos del semáforo 15 Avenida este**

Recuento	390
Promedio	35
Desviación estándar	8,05
Mínimo	23
Máximo	52
Curtosis	1,08

Fuente: elaboración propia con base en resultados.

Tabla XV. **Las frecuencias del semáforo 15 Avenida oeste**

semáforo 15 Avenida oeste			
Clase	Frecuencia	Frecuencia acumulada	Frecuencia relativa acumulada
1	28	28	6,94 %
2	21	49	12,16 %
3	22	71	17,62 %
4	25	96	23,82 %
5	19	115	28,53 %
6	17	132	32,75 %
7	15	147	36,47 %
8	17	164	40,69 %
9	17	181	44,91 %
10	19	200	49,62 %
11	24	224	55,58 %
12	29	253	62,78 %
13	27	280	69,48 %
14	27	307	76,18 %
15	25	332	82,38 %
16	27	359	89,08 %
17	21	380	94,29 %
18	23	403	100,00 %

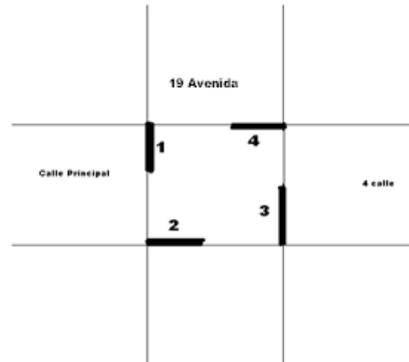
Fuente: elaboración propia con base en resultados.

Tabla XVI. **Datos estadísticos del semáforo 15 Avenida oeste**

Recuento	403
Promedio	22
Desviación estándar	3,72
Mínimo	15
Máximo	29
Curtosis	1,27

Fuente: elaboración propia con base en resultados.

Figura 3. **El croquis de la 19 Avenida**



Fuente: Elaboración propia.

Tabla XVII. **Las frecuencias del semáforo 19 Avenida norte**

semáforo 19 Avenida (1)			
Clase	Frecuencia	Frecuencia acumulada	Frecuencia relativa
			acumulada
1	40	40	10,31 %
2	42	82	21,13 %
4	42	124	31,96 %
5	35	158	40,72 %
6	32	191	49,22 %
7	39	230	59,27 %
8	48	278	71,65 %
9	56	334	86,08 %
10	54	388	100,00 %

Fuente: elaboración propia con base en resultados.

Tabla XVIII. **Datos estadísticos del semáforo 19 Avenida norte**

Recuento	388
Promedio	41
Desviación estándar	6,37
Mínimo	32
Máximo	56
Curtosis	0,73

Fuente: elaboración propia con base en resultados.

Tabla XIX. **Las frecuencias del semáforo 19 Avenida sur**

semáforo 19 calle sur			
Clase	Frecuencia	Frecuencia acumulada	Frecuencia relativa acumulada
1	28	28	6,76 %
2	32	60	14,50 %
3	29	89	21,50 %
4	25	114	27,53 %
5	27	141	34,05 %
6	36	177	42,75 %
7	37	214	51,69 %
8	34	248	59,90 %
9	41	289	69,81 %
10	43	332	80,19 %
11	40	372	89,85 %
12	42	414	100,00 %

Fuente: elaboración propia con base en resultados.

Tabla XX. **Datos estadísticos del semáforo 19 Avenida sur**

Recuento	414
Promedio	35
Desviación estándar	5,33
Mínimo	25
Máximo	43
Curtosis	1,49

Fuente: elaboración propia con base en resultados.

Tabla XXI. **Las frecuencias del semáforo 19 Avenida este**

Semáforo 19 CALLE (3)			
Clase	Frecuencia	Frecuencia acumulada	Frecuencia relativa
1	52	52	12,32 %
2	55	107	25,35 %
3	58	165	39,10 %
4	55	220	52,13 %
5	46	266	63,03 %
6	43	309	73,22 %
7	38	347	82,22 %
8	35	382	90,52 %
9	40	422	100,00 %

Fuente: elaboración propia con base en resultados.

Tabla XXII. Datos estadísticos del semáforo 19 Avenida este

Recuento	422
Promedio	47
Desviación estándar	7,21
Mínimo	35
Máximo	58
Curtosis	1,71

Fuente: elaboración propia con base en resultados.

Tabla XXIII. Las frecuencias del semáforo 19 Avenida este

Semáforo 19 calle este			
Clase	Frecuencia	Frecuencia acumulada	Frecuencia relativa acumulada
1	18	18	4,64 %
2	23	41	10,57 %
3	32	73	18,81 %
4	29	102	26,29 %
5	38	140	36,08 %
6	35	175	45,10 %
7	31	206	53,09 %
8	35	241	62,11 %
9	36	277	71,39 %
10	44	321	82,73 %
11	34	355	91,49 %
12	33	388	100,00 %

Fuente: elaboración propia con base en resultados.

Tabla XXIV. **Datos estadísticos del semáforo 19 Avenida oeste**

Recuento	388
Promedio	32
Desviación estándar	4,78
Mínimo	18
Máximo	44
Curtosis	1,19

Fuente: elaboración propia con base en resultados.

Figura 4. **El croquis de la 24 Avenida**



Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. Las frecuencias del semáforo 24 Avenida norte

Semáforo 24 calle norte			
Clase	Frecuencia	Frecuencia acumulada	Frecuencia relativa
1	52	52	12,32 %
2	55	107	25,35 %
3	58	165	39,10 %
4	55	220	52,13 %
5	46	266	63,03 %
6	43	309	73,22 %
7	38	347	82,22 %
8	35	382	90,52 %
9	40	422	100,00 %

Fuente: elaboración propia con base en resultados.

Tabla XXVI. Datos estadísticos del semáforo 24 Avenida norte

Recuento	397
Promedio	50
Desviación estándar	2.38
Mínimo	45
Máximo	54
Curtosis	0.80

Fuente: elaboración propia con base en resultados.

Tabla XXVII. **Las frecuencias del semáforo 24 Avenida sur**

Semáforo 24 calle sur			
Clase	Frecuencia	Frecuencia acumulada	Frecuencia relativa
1	38	38	9.32%
2	41	79	19.36 %
3	37	116	28.43 %
4	36	152	37.25 %
5	28	180	44.12 %
6	25	205	50.25 %
7	26	231	56.62 %
8	29	260	63.73 %
9	26	286	70,10%
10	28	314	76,96%
11	32	346	84,80%
12	32	378	92.65 %
13	30	408	100.00 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVIII. **Datos estadísticos del semáforo 24 Avenida sur**

Recuento	408
Promedio	32
Desviación Estándar	4.26
Mínimo	25
Máximo	41
Curtosis	0.90

Fuente: elaboración propia con base en resultados.

Tabla XXIX. **Las frecuencias del semáforo 24 Avenida este**

Semáforo 24 calle este			
Clase	Frecuencia	Frecuencia acumulada	Frecuencia relativa
1	32	32	7.60 %
2	27	59	14.01 %
3	26	85	20.19 %
4	29	114	27.08 %
5	34	148	35.15 %
6	36	184	43.71 %
7	37	221	52.49%
8	35	256	60.81 %
9	40	296	70.31 %
10	39	335	79.57 %
11	44	379	90.02%
12	42	421	100.00 %

Fuente: elaboración propia con base en resultados.

Tabla XXX. **Datos estadísticos del semáforo 24 Avenida este**

Recuento	421
Promedio	35
Desviación estándar	4.58
Mínimo	26
Máximo	44
Curtosis	0.92

Fuente: elaboración propia con base en resultados.

Tabla XXXI. Las frecuencias del semáforo 24 Avenida oeste

Semáforo 24 calle oeste			
Clase	Frecuencia	Frecuencia Acumulada	Frecuencia relativa
1	23	23	5.60 %
2	22	45	10.95 %
3	25	70	17.03 %
4	34	104	25.30 %
5	32	136	33.09 %
6	36	172	41.85 %
7	36	208	50.61 %
8	44	252	61.31 %
9	42	294	71.53 %
10	40	334	81.27 %
11	36	370	90.02 %
12	41	411	100.00 %

Fuente: elaboración propia con base en resultados.

Tabla XXXII. Datos estadísticos del semáforo 24 Avenida oeste

Recuento	411
Promedio	34
Desviación estándar	5.58
Mínimo	22
Máximo	44
Curtosis	0,87

Fuente: elaboración propia con base en resultados.

Tabla XXXIII. El estudio de colas de la 14 Avenida y 4 Calle

Sistema de estudio								
No Semáforo	γ	μ	δ	P_0	L_q	w_q	w	L
	Veh/ Seg	Veh/Seg		%	Vehículos	Seg	Seg	Vehículos
1	0,47	0,87	0,54	37,5	5	10,64	13,18	26
2	0,19	0,87	0,21	21,6	3	8,75	9,9	19
3	0,42	0,87	0,48	35	5	10,45	13	24
4	0,26	0,87	0,3	25,9	4	9,89	12,5	22

Fuente: elaboración propia con base en resultados.

Tabla XXXIV. El estudio de colas de la 15 Avenida y 4 Calle

Sistema de estudio								
No Semáforo	γ	μ	δ	P_0	L_q	w_q	w	L
	Veh/ Seg	Veh/Seg		%	Vehículos	Seg	Seg	Vehículos
1	0,53	0,71	0,74	58,3	12	26,4	27,81	40
2	0,3	0,71	0,42	33,5	6	12,7	14,11	25
3	0,51	0,71	0,72	54,8	11	24,8	34,97	38
4	0,32	0,71	0,45	36,3	7	13,2	14,61	27

Fuente: elaboración propia con base en resultados.

Tabla XXXV. El estudio de colas de la 19 Avenida y 4 Calle

Sistema de estudio								
No Semáforo	γ	μ	δ	P_0	L_q	w_q	w	L
	Veh/ Seg	Veh/Seg		%	Vehículos	Seg	Seg	Vehículos
1	0,52	0,85	0,61	60,8	15	32,6	33,77	46
2	0,45	0,85	0,53	58,6	14	26,5	27,67	33
3	0,61	0,85	0,72	64,6	18	36,4	37,57	48
4	0,41	0,85	0,48	55,1	13	24,2	15,78	30

Fuente: elaboración propia con base en resultados.

Tabla XXXVI. El estudio de colas de la 24 Avenida y 4 Calle

Sistema de estudio: 4 calle y 19 Avenida								
No Semáforo	γ	μ	δ	P_0	L_q	W_q	w	L
	Veh/ Seg	Veh/Seg		%	Vehículos	Seg	Seg	Vehículos
1	0,64	0,8	0,8	71,6	18	35,5	36,75	48
2	0,41	0,8	0,51	58,3	15	28,4	29,65	34
3	0,6	0,8	0,75	68,6	16	32,8	34,05	41
4	0,44	0,8	0,55	60,3	13	29,3	30,55	36

Fuente: elaboración propia con base en resultados.