



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS DEL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR DE LA
INTERSECCIÓN AVENIDA 25 DE JUNIO Y CARRERA 23 DE ABRIL DEL
CANTÓN MACHALA.

MORA SALAZAR ANGIE GABRIELA
INGENIERA CIVIL

MACHALA
2020



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS DEL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR DE LA
INTERSECCIÓN AVENIDA 25 DE JUNIO Y CARRERA 23 DE
ABRIL DEL CANTÓN MACHALA.

MORA SALAZAR ANGIE GABRIELA
INGENIERA CIVIL

MACHALA
2020



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

EXAMEN COMPLEXIVO

ANÁLISIS DEL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR DE LA INTERSECCIÓN
AVENIDA 25 DE JUNIO Y CARRERA 23 DE ABRIL DEL CANTÓN MACHALA.

MORA SALAZAR ANGIE GABRIELA
INGENIERA CIVIL

ROMERO VALDIVIEZO ELSI AMERICA

MACHALA, 07 DE DICIEMBRE DE 2020

MACHALA
07 de diciembre de 2020

ANÁLISIS DEL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR DE LA INTERSECCIÓN AVENIDA 25 DE JUNIO Y CARRERA 23 DE ABRIL DEL CANTÓN MACHALA.

por Angie Gabriela Mora Salazar

Fecha de entrega: 20-nov-2020 01:23p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1452470626

Nombre del archivo: TITULACION_ANGIE_MORA_ING_CIVIL.docx (3.26M)

Total de palabras: 5487

Total de caracteres: 28994

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

La que suscribe, MORA SALAZAR ANGIE GABRIELA, en calidad de autora del siguiente trabajo escrito titulado ANÁLISIS DEL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR DE LA INTERSECCIÓN AVENIDA 25 DE JUNIO Y CARRERA 23 DE ABRIL DEL CANTÓN MACHALA., otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

La autora declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

La autora como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 07 de diciembre de 2020



MORA SALAZAR ANGIE GABRIELA
0705509032

ANÁLISIS DEL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR DE LA INTERSECCIÓN AVENIDA 25 DE JUNIO Y CARRERA 23 DE ABRIL DEL CANTÓN MACHALA.

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS



Excluir citas Activo Excluir coincidencias < 15 words
Excluir bibliografía Activo

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	4
DEDICATORIA	5
DESARROLLO	7
PROBLEMÁTICA	7
Planteamiento del problema	7
Justificación del problema	7
Ubicación del problema	7
OBJETIVO GENERAL	8
Objetivos Específicos	8
Intersecciones viales	9
Congestión Vehicular	9
Flujo Vehicular	9
Aforo Vehicular	9
Movilidad Urbana	9
MARCO METODOLÓGICO	10
Metodología Webster.	10
Cálculo del intervalo de cambio de fase	10
Cálculo de longitud de ciclo de semáforos.	11
Calculo de vehículos equivalentes	11
Cálculo de flujos de automóviles directos equivalentes.	12
Cálculo de tiempo total perdido por ciclo	12
Cálculo de tiempo verde efectivo total	12
Cálculo del reparto de los tiempos verdes efectivos	13
SOFTWARE SYNCHRO 8.	13
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	13
Cálculo de intervalo para cada fase	15
Longitud de intervalos para cada fase	15

Tiempo perdido por fase	16
Tiempo perdido por ciclo	16
Cálculo de la longitud del ciclo óptimo Webster	16
CONCLUSIONES	19
RECOMENDACIONES	19
BIBLIOGRAFÍA	20
ANEXOS	22

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación geográfica de la intersección.....	9
Figura 2: Dirección y sentido de las calles.....	14
Figura 3: Demanda vehicular de la Avenida 25 de Junio	15
Figura 4: Demanda vehicular de la Carrera 23 de Abril.....	15
Figura 5: Gráficas de las fases 1 y 2 obtenidas en la metodología Webster.....	17
Figura 6: Fases del semáforo peatonal.....	18
Figura 7: Volúmenes máximos ingresados en el Software.....	18
Figura 8: simulación del software.....	19
Figura 9: Tiempo total del verde obtenido mediante el Software Synchro.....	19

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Coordenadas de Ubicación del Proyecto.....	9
Tabla 2: Cálculo de vehículos equivalentes.....	16
Tabla 3: Cálculo de Automóviles directos equivalentes.....	16
Tabla 4: Longitud de intervalos para cada fase.....	16
Tabla 5: Flujo Crítico para cada fase.....	16
Tabla 6: Cálculo de la longitud del ciclo óptimo y tiempo total del verde.....	17
Tabla 7: Reparto de tiempos en verde.....	17

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Aforo vehicular 25 de Junio.....	23
Anexo 2: Datos estadísticos de vehículos.....	23
Anexo 3: Volumen de vehículos por hora.....	24
Anexo 4: Conteo de peatones.....	24
Anexo 5: Aforo peatonal 25 de Junio.....	25
Anexo 6: Aforo vehicular 23 de Abril.....	25
Anexo 7: Datos estadísticos de vehículos.....	26
Anexo 8: Volumen de vehículos por hora.....	26
Anexo 9: Aforo peatonal 23 de Abril.....	27
Anexo 10: Datos estadísticos de peatones.....	27
Anexo 11: Aforo en la Carrera 23 de Abril.....	28
Anexo 12: Aforo en la Av 25 de Junio.....	28
Anexo 13: Conteo del tiempo del semáforo.....	29
Anexo 14: Medición de las calles interceptadas.....	29
Anexo 15: Intersección Av 25 de Junio y 23 de Abril.....	30
Anexo 16: Intersección Av 25 de Junio y 23 de Abril.....	30

AGRADECIMIENTO

En primer lugar quiero darle gracias infinitas a Dios, por ser mi guía y fortaleza en el transcurso de estos años de estudios, mi motivo para no rendirme mi familia, gracias a mis padres Liz y Wilfrido que me brindaron su apoyo desde que tomé la decisión de seguir esta carrera, siempre prestos para cada situación que tuve que afrontar, mis abuelitos que me han ido formado desde muy pequeña y han sido un soporte muy importante en mi vida, gracias a mis hermanos July, Pamela y Ángel por creer siempre en mí, a mi esposo y a mi hijo que conocen a fondo todo lo que me costó lograr cumplir mi objetivo y siempre estuvieron brindándome su amor incondicional para nunca rendirme.

De manera muy especial agradezco a la Facultad de Ingeniería Civil por abrirme sus puertas, formarme como profesional y haberme permitido conocer excelentes docentes y compañeros.

DEDICATORIA

Este logro sin duda alguna se lo dedico en primer lugar a Dios y a la Santísima Virgen María que nunca me desampararon y me dieron vida para alcanzar mi meta.

A mis padres que son los seres que se merecen todas mis victorias y triunfos, porque nunca me han abandonado y me han enseñado a perseverar en la vida.

A mis abuelitos que forman parte de mí día a día y han estado a mi lado incondicionalmente, dándome ejemplo de superación.

A mis hermanos les dedico esto de manera especial, porque si yo pude lograrlo ellos también son capaces de hacerlo, y nunca estarán solos porque me tendrán a su lado para lograr hasta lo imposible y llenar de orgullo a nuestros padres.

A mi esposo y a mi hijo, que son los pilares fundamentales en mi vida, mi motivo para luchar y nunca darme por vencida, les dedico este y todos los logros que Dios me permita, para seguir creciendo como familia.

ANÁLISIS DEL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR DE LA INTERSECCIÓN AVENIDA 25 DE JUNIO Y CARRERA 23 DE ABRIL DEL CANTÓN MACHALA.

1. INTRODUCCIÓN

La ciudad de Machala “capital Bananera del mundo” es un sitio perteneciente a la Provincia de El Oro habitado de personas trabajadoras primordialmente dedicadas a la comercialización de los diferentes productos que brindan sus tierras y al transporte de los mismos para lo cual es necesario tener vías, carreteras y calles adecuadas para esta actividad pero lamentablemente el diseño geométrico de las vías no es el único problema sino también la ineficiencia de los controladores de tránsito entre estos tenemos la mala sincronización de semáforos provocando la saturación del flujo vehicular y este problema podemos observar dentro de unas de las principales calles de la ciudad como son la Avenida 25 de Junio y la carrera 23 de Abril, siendo una intersección ubicada a la entrada de la urbe, lo cual nos da como resultado una congestión vehicular donde se refleja que el volumen de tránsito en uno o más puntos de una vía excede el volumen máximo que puede pasar por ellos por consiguiente esta situación afecta gravemente a la población, asociándose con la reducción de la velocidad de los vehículos, retrasos al destino, incremento de accidentes de tránsito, contaminación ambiental causada por desprendimiento de monóxidos, obstrucción del paso peatonal, entre otras.

“La congestión vehicular ha sido el foco de la atención de varios investigadores y su fundamento básico parece ser la falta de señalización” [1] y a lo largo de los últimos años no se ha observado que haya un mejoramiento en la calidad del tráfico en dicha intersección por parte de las autoridades o entidades responsables de la movilidad de la ciudad de la Machala.

Para ello la presente investigación ofrece un control autorregulado en la intersección que constituye que mediante la adecuada sincronización y optimización que “establecen los tiempos de los semáforos, se tiene el propósito de aliviar las calles que son mayormente transitadas” [2] para cumplir a cabalidad los requerimientos de tránsito en una vía, otorgando mejor fluidez entre vehículos y disminuyendo las molestias ocasionadas a la ciudadanía en general, la intención es brindar un enfoque más claro con respecto a la semaforización de acuerdo a los requerimientos de tránsito de una vía.

Para poder determinar los tiempos que se necesitan en los semáforos y aliviar el tráfico se requiere de un aforo vehicular detallando los tipos de vehículos, cuántos vehículos utilizan la intersección y hacia qué dirección se dirigen, de igual manera se necesita de un aforo de personas para conocer el volumen de peatones que transitan por dichas avenidas.

Una vez obtenidos los datos necesarios se hace uso del software Synchro 8 y el método Webster para poder proceder a la sincronización de los tiempos de los semáforos y obtener los tiempos óptimos, “lo semáforos no dependen de un control central sino obedece las condiciones locales donde se encuentra una solución adaptativa al inconveniente de tránsito vial” [3] para ellos encontraremos la mejor manera de optimizar los tiempos y solucionar la congestión que se presenta en ésta intersección tan importante de la ciudad de la Machala.

2. DESARROLLO

2.1. PROBLEMÁTICA

2.1.1. Planteamiento del problema

El congestionamiento vehicular que se genera al momento en que los vehículos que circulan de Este a Oeste por la avenida 25 de Junio y giran a la izquierda entrando a la 23 de Abril tienen problemas con el flujo vehicular debido a que no existe la adecuada sincronización de los semáforos, dando lugar a accidentes de tránsito, pérdida de tiempo, contaminación del ambiente, obstrucción de los pasos peatonales y varias molestias a la ciudadanía en general, por ello es necesario controlar el tráfico de dicha intersección de manera factible mediante técnicas que respecta al tránsito vehicular.

2.1.2. Justificación del problema

El uso de controladores de tráfico ineficientes y el mal diseño de infraestructuras viales siguen “contribuyendo a grandes pérdidas económicas y provocando retrasos, comprometiendo los niveles de servicio y molestias durante el viaje”[4], por eso en los últimos años se ha incrementado el estudio referente al tráfico vehicular para mejorar la movilidad de vehículos en zonas principales, de manera especial en ciudades grandes del mundo entero.

La provincia de El Oro tienen como principal actividad la exportación del banano y más aún Machala la cual es conocida como “Capital Bananera del mundo” por ende el comercio agrícola es una de sus principales fuentes de ingreso y el transporte del mismo es de vital importancia para la ciudad y la provincia en general, para ellos nuestra ciudad necesita vías, carreteras y calles de primer orden para poder movilizar este producto que actualmente es el sustento de muchas familias.

En Machala “debido a su gran expansión poblacional, la ciudad ha experimentado grandes cambios, que ha tenido como consecuencia el problema de congestión vehicular” [5] pero mediante un correcto estudio del flujo vehicular, recopilación de datos y sincronización de los semáforos se logrará optimizar el tráfico de manera inteligente para controlar los conocidos atascos vehiculares y mejorar así la calidad de vida de las personas, el medio ambiente y la economía de la ciudad.

2.1.3. Ubicación del problema

Este proyecto está ubicado en la Ciudad de Machala capital de la Provincia de El Oro en la intersección de la Avenida 25 de Junio y carrera 23 de Abril.



Figura 1: Ubicación geográfica de la intersección.
Fuente: Google Earth

PUNTO DE INTERÉS	COORDENADAS	
	NORTE	ESTE
AVENIDA 25 DE JUNIO Y CARRERA 23 DE ABRIL	9639136,81 mS	616305,17 mE

Tabla 1: Coordenadas de Ubicación del Proyecto
Fuente: Elaboración Propia

2.2. OBJETIVO GENERAL

Analizar la congestión vehicular que presenta la intersección de la Avenida 25 de Junio y la carrera 23 de Abril de la ciudad de Machala, mediante el uso del software Synchro 8 y la aplicación de la metodología Webster que permitirán sincronizar los tiempos de los semáforos para mejorar la movilidad entre los transeúntes y evitar colapsos del tránsito.

2.2.1. Objetivos Específicos

- Revisar textos bibliográficos similares y referentes a la problemática en investigación.
- Realizar un análisis del sitio mediante la recopilación de datos obtenidos en aforos vehiculares y peatonales.
- Optimizar y sincronizar los tiempos en los semáforos de ambas calles que intersectan mediante la utilización del programa Synchro 8 y el método Webster.

2.3. MARCO TEÓRICO

2.3.1. Intersecciones viales

Infraestructura vial que hace referencia al cruce de dos o más caminos permitiendo al usuario el cambio de los mismos, su principal función es colaborar con el cambio de dirección de los vehículos sin dejar de un lado la seguridad y comodidad de los peatones, estas intersecciones están reguladas por diferentes señales de tránsito y semáforos.

Son consideradas como un punto de conflicto dentro de la ciudad debido a que en ellas ocurren sin número de accidentes de tránsito, atascos vehiculares y ya que algunas no poseen semáforos con tiempos regulados y sincronizados correctamente también causan retrasos en los tiempos de los usuarios.

2.3.2. Congestión Vehicular

Es la condición del flujo vehicular cuando se encuentra saturado debido a la demanda de vías. “La congestión vehicular afecta a la red vial de un país, significando un grave problema para la urbe que debe circular por ellas” [6]

2.3.3. Flujo Vehicular

Es la frecuencia con la que pasan los vehículos automotores por un punto transversal de un tramo, “es un factor socioeconómico que perturba de manera directa las principales ciudades urbanas” [7] esto ocurre cuando no es distribuido o sincronizado de manera adecuada.

2.3.4. Aforo Vehicular

Es el conteo de vehículos que se realiza en un determinado tiempo para tener conocimiento de cuántos vehículos circulan por un tramo o una vía, su realización nos permite la recopilación de datos para poder llevar a cabo un proyecto, en 2020 Avilés, Rizo, Quintero y Vasquez [8] acotan que “el mismo que nos va a admitir conocer la actividad que se está llevando a cabo en los periodos de mayor movilización”, y de esta manera conoceremos las llamadas horas pico donde se genera la congestión vehicular y así brindarle una solución viable al tránsito de la ciudad.

Entre los tipos de aforos más aplicados en la actualidad tenemos:

- Aforo manual
- Lazos inductivo
- Conteo manual electrónico

2.3.5. Movilidad Urbana

En 2017, Quintero [9] indica que “el estudio de la movilidad en la ciudades se ha servido de ciencias aplicadas como la Ingeniería de Tránsito que, con base

en estudios dominados en variables como son el volumen del tráfico, la velocidad y la densidad, además de inventarios de infraestructuras, la generación de modelos de pronóstico y la modelación con el empleo de software”.

En las ciudades la movilidad se la hace a través de las vías, esta es una condición del desarrollo urbano, donde se refiere al traslado de un lugar al otro en el caso de la movilidad vehicular se la realiza a través de automotores, siendo partícipe de varios problemas tanto físicos como estructurales y culturales.

En la ciudad de Machala el encargado de la empresa de Movilidad Machala EP es el ingeniero Daniel Chan gerente de la misma, el cual es la persona que debería encargarse de los problemas suscitados por la congestión vehicular en toda la ciudad para de esta manera crear un mejor flujo vehicular principalmente en el casco central de la ciudad más aún en sus horas pico, “en consecuencia, el modelo de movilidad urbana continúa tensionado, con crecientes niveles de congestión, contaminación y siniestralidad.” [10]

2.4. MARCO METODOLÓGICO

La metodología utilizada fue una investigación de campo donde a partir de los estudios técnicos realizados en la Avenida 25 de Junio y Carrera 23 de Abril (Anexo 15 y 16) se obtuvo la recopilación de datos como el volumen del tránsito vehicular y peatonal (Anexo 11 y 12), niveles de servicio de la vía y tiempos de los semáforos, los cuales son útiles al momento de optimizar los tiempos de espera en dicha intersección.

En primer lugar se visitó el lugar de estudio donde se realizó un croquis de la zona y se reconocieron las cuatro estaciones de trabajo cada una con su observador el cual con la ayuda de una tabla de clasificación de vehículo y cambios de carriles obtuvo los datos necesarios en el aforo vehicular y peatonal.

2.4.1. Metodología Webster.

En el año 1966 en diversas intersecciones en Londres, Inglaterra se creó una metodología por Webster en la que se fundamenta en el funcionamiento de semáforos donde se dice que “están formados por una serie de fases o combinaciones de luces las cuales tienen una duración determinada y se ejecutan en un horario establecido” [11] en donde se demostró que en una intersección con semáforo la demora mínima se puede obtener para una longitud de ciclo óptimo.

Webster relaciona el flujo de congestión con los vehículos estacionados de manera directa, también la acción de los vehículos en una intersección, sus giros y la presencia de peatones, precediendo a realizar cálculos de tiempos y muchos parámetros que se usan para sincronizar un semáforo. [12]

2.4.1.1. Cálculo del intervalo de cambio de fase

Intervalo de cambio = Amarillo + Todo Rojo [13]

$$y = \left(t + \frac{v}{2a}\right) + \left(\frac{W+L}{2}\right) \text{ (Ecuación 1)}$$

$\left(t + \frac{v}{2a}\right)$ Tiempo que se necesita para la distancia de parada.

$\left(\frac{W+L}{2}\right)$ Tiempo que se necesita para cruzar la intersección.

Dónde:

y=Intervalo del cambio de fase (seg)

t= tiempo de percepción - reacción del conductor (valor usual 1 seg)

v= Velocidad de vehículos (m/s)

a= tasa de aceleración (valor usual 3.05m/s²)

W= ancho de la intersección (m)

L= longitud del vehículo (m)

2.4.1.2. Cálculo de longitud de ciclo de semáforos.

Es la demora mínima de todos los vehículos en una intersección con semáforo.

$$C_o = \frac{1.5L+5}{1 - \sum_{i=1}^{\phi} \beta_i} \text{ (Ecuación 2)}$$

Dónde:

Co= Tiempo óptimo del ciclo (seg)

L= Tiempo total perdido por ciclo (seg)

β_i = Máximo valor de la relación flujo actual y flujo de saturación.

ϕ = número de fases del semáforo

2.4.1.3. Calculo de vehículos equivalentes

Este parámetro es para medir de igual manera los vehículos indistintamente de su peso y movimiento que realicen.

$$fvp = \frac{100}{100 + P_c(E_c - 1) + P_b(E_b - 1) + P_r(E_r - 1)} \text{ (Ecuación 3)}$$

Dónde:

Fvp= Factor de ajuste por efecto de vehículos pesados

Pc= Porcentaje de camiones

Pb= Porcentaje de autobuses

Ec= Automóviles equivalentes a un camión 1.5

Eb= Automóviles equivalentes de un autobús 1.5

Er= Automóviles equivalentes a un vehículo.

2.4.1.4. Cálculo de flujos de automóviles directos equivalentes.

$$q_{ADE} = \frac{VHMD}{FHMD} \left(\frac{1}{f_{vp}} \right) \text{ (Ecuación 4)}$$

Dónde:

qADE= Flujos de automóviles directos equivalentes

Ev= Automóviles directos equivalentes

VHM= Volumen horario de máxima demanda

FHMD= Factor de hora de máxima demanda.

fvp= Factor de ajuste por efecto de vehículos pesados.

2.4.1.5. Cálculo de tiempo total perdido por ciclo

$$\text{Tiempo perdido por ciclo} = \sum(A_i + TR_i) \text{ Ecuación 5)}$$

Dónde:

A= Intervalo amarillo en segundos

TRi= Intervalo todo rojo en segundos

2.4.1.6. Cálculo de tiempo verde efectivo total

$$gT = C - L - \sum(A_i) + TR_i \text{ (Ecuación 6)}$$

Dónde:

gT= Tiempo efectivo total por ciclo disponible para todos los accesos

C= longitud actual del ciclo (redondeando a Co a los 5 segundos más próximos)

2.4.1.7. Cálculo del reparto de los tiempos verdes efectivos

$$g_i = \frac{\beta_i}{\sum_{i=1}^n} * gT \text{ (Ecuación 7)}$$

$$g1 = \frac{\beta1}{\beta1+\beta2} * gT$$

$$g1 = \frac{\beta1}{\beta1+\beta2} * gT$$

2.4.2. SOFTWARE SYNCHRO 8.

Para realizar la simulación en el programa se necesita de datos necesarios como el porcentaje de vehículos pesados por cada acceso según su movimiento, número de peatones, etc. [14]

Luego el programa nos indicará cual será el tiempo óptimo y hará un estudio de los niveles de servicio de la intersección.

2.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El aforo que se realizó fue establecido en un periodo de 8 horas diarias con separación de intervalos de 15 minutos, se consideró las horas con mayor circulación vehicular y peatonal comprendida entre las 7am - 9am, de 11:30am - 15:30pm y de 16:30pm - 18:30pm. Mediante este análisis se reconoció así de esta manera las conocidas “horas pico” en las cuales se estima mayor circulación en la tarde de 17:30 a 18:30 con un volumen total de 630 vehículos en su mayoría automotores livianos.

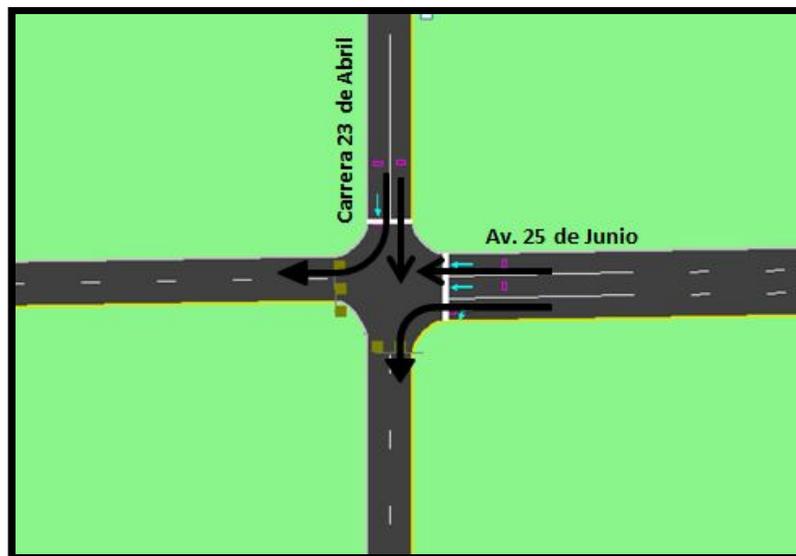


Figura 2: Dirección y sentido de las calles
Fuente: Elaboración Propia

El observador de la estación uno trabajó con los vehículos que circulaban por la Av. 25 de Junio y seguían recto por la misma vía de Este a Oeste, el observador de la estación dos realizó el conteo de los vehículos que circulaban en la 25 de Junio y giraban a su izquierda por la 23 de Abril, el observador correspondiente a la estación 3 hacia el conteo de los vehículos que transitaban recto por la Carrera 23 de Abril de Norte a Sur y finalmente el observador que trabajaba con la información de la estación

4 contaba los vehículos que circulaban por la 23 de Abril y giraban a su derecha por la Avenida 25 de Junio.

También se obtuvieron datos como los tiempos actuales de los semáforos en la fase uno, la Avenida 25 de Junio el tiempo del verde es de 35 segundos del amarillo es de 4 segundos y del rojo es de 36 segundos, así mismo para la estación dos la Carrera 23 de Abril los datos de los tiempos para el color verde es de 32 segundos para el amarillo 3 segundos y para el rojo de 40 segundos (Anexo 13), entre otros valores también se obtuvo el ancho de las calles ya que este es un dato fundamental para la aplicación de la metodología Webster, el ancho de la Av. 25 de Junio es de 14m y el de la carrera 23 de Abril es de 9 m (Anexo 14).

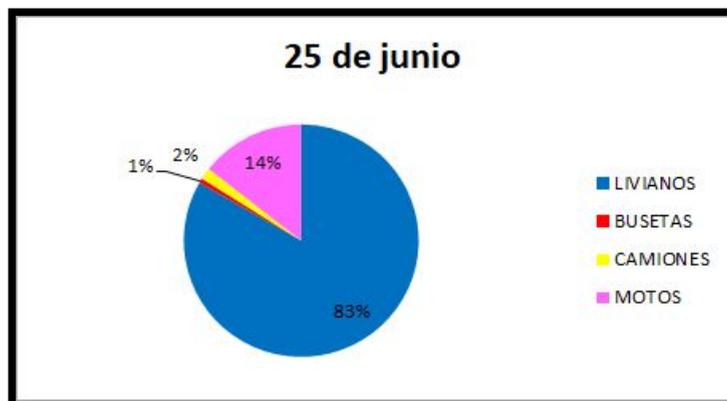


Figura 3: Demanda vehicular de la Avenida 25 de Junio
Fuente: Elaboración propia



Figura 4: Demanda vehicular de la Carrera 23 de Abril
Fuente: Elaboración propia

Después de recopilar todos estos datos se procedió a optimizar los tiempos mediante la metodología Webster y también en el Software Synchro.

Primero se aplica la Ecuación 3 para obtener el valor de vehículo equivalentes calculando el factor de ajuste de acuerdo como indica la Tabla 2

CALLE	Porcentaje de camiones	Automóviles equivalentes a un camión	Porcentaje de autobuses	Automóviles equivalentes a un autobús	Factor de ajuste por efecto de vehículos pesados
	P_c	E_c	P_B	E_B	f_{vp}
25 DE JUNIO	0,02	1,5	0,02	1,5	0,978
23 DE ABRIL	0,03	1,5	0	1,5	0,978

Tabla 2: Cálculo de vehículos equivalentes
Fuente: Elaboración propia

2.5.1. Cálculo de intervalo para cada fase

Tomaremos los valores máximos de volúmenes que se han presentado en la hora pico de cada calle, tanto los de la izquierda, derecha y centro (Anexo 1 y 6) para que sean optimizados con los parámetros requeridos y sean aplicados en la Ecuación 4 para obtener los automóviles directos equivalentes.

Calle	f_{vp}	FHMD	IZQUIERDA			CENTRO		DERECHA			TOTAL
			VHMD	E_{vi}	QD	VHMD	QD	VHMD	E_{vd}	QD	qt (ADE/h)
25 DE JUNIO	0,978	0,95	501	1,4	755	1176	1266	0	1,4	0	2021
23 DE ABRIL	0,978	0,95	0	1,4	0	525	565	105	1,4	158	723

Tabla 3: Cálculo de Automóviles directos equivalentes
Fuente: Elaboración propia

2.5.2. Longitud de intervalos para cada fase

Una vez que se conocen los datos como ancho de la vía, la velocidad, longitud de los vehículos se procede a calcular la longitud de intervalos, donde conoceremos los tiempos del amarillo y del rojo para cada fase mediante la aplicación de la ecuación 1.

Calle	Datos Iniciales			v	W	A1	TR2	Total (s)
	Longitud (m)	Aceleración (m/s^2)	Tiempo (s)	40 km/h	Ancho (m)	Amarillo	Rojo	
25 DE JUNIO	6,1	3,05	1	11,11	14	3	1	4
23 DE ABRIL					9	3	2	5

Tabla 4: Longitud de intervalos para cada fase
Fuente: Elaboración propia

Calle	q (ADE/h)	S (ADE/h)	Yi
25 DE JUNIO	2021	3170	0,637
23 DE ABRIL	723		0,228

Tabla 5: Flujo Crítico para cada fase
Fuente: Elaboración propia

2.5.3. Tiempo perdido por fase

$$I1=A1= 3$$

$$I2=A2= 3$$

2.5.4. Tiempo perdido por ciclo

$$L=I1+I2+Tr1+Tr$$

$$2$$

$$L= 9 \text{ seg.}$$

2.5.5. Cálculo de la longitud del ciclo óptimo Webster

Con el dato del tiempo perdido por ciclo se obtendrá la longitud del ciclo óptimo por medio de la fórmula de Webster Ecuación 2, luego se procede a redondear dicho valor al valor de 5 más próximo, pero en mi caso dió exacto 135 seg el cual es dividido para L tal como indica la Ecuación 6 y se obtiene el valor total del verde.

L	Y1	Y2	Co seg	Co redondeado	gt seg
9	0,637	0,228	135	135	126

Tabla 6: Cálculo de la longitud del ciclo óptimo y tiempo total del verde
Fuente: Elaboración propia

Luego mediante la ecuación 7 se obtienen los valores de verde para cada fase.

Calle	Y1	Y2	gt	Gi
25 DE JUNIO	0,637	0,228	126	93
23 DE ABRIL				33

Tabla 7: Reparto de tiempos en verde
Fuente: Elaboración propia

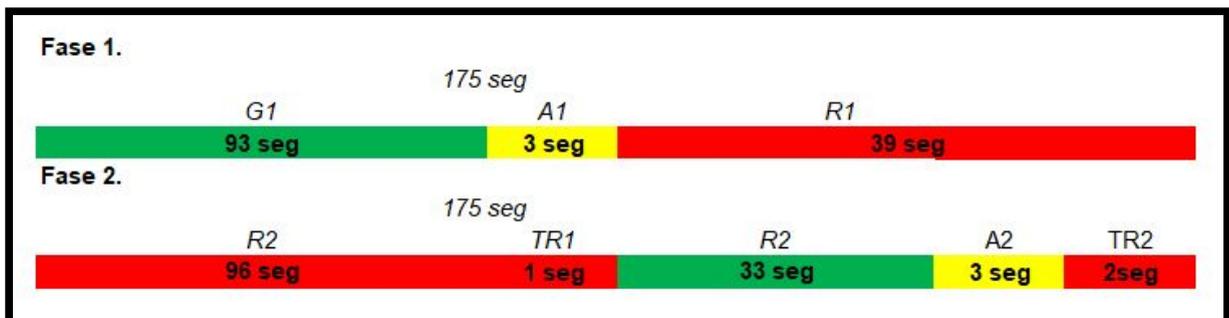


Figura 5: Gráficas de las fases 1 y 2 obtenidas en la metodología Webster
Fuente: Elaboración propia



Figura 6: Fases del semáforo peatonal
Fuente: Elaboración propia

En la simulación del software Synchro 8 nos da un tiempo total del verde de 110 seg y un nivel de servicio de la intersección en C donde se determina que existen demoras en el tráfico, siendo la estación más conflictiva aquella la de la avenida 25 de Junio.

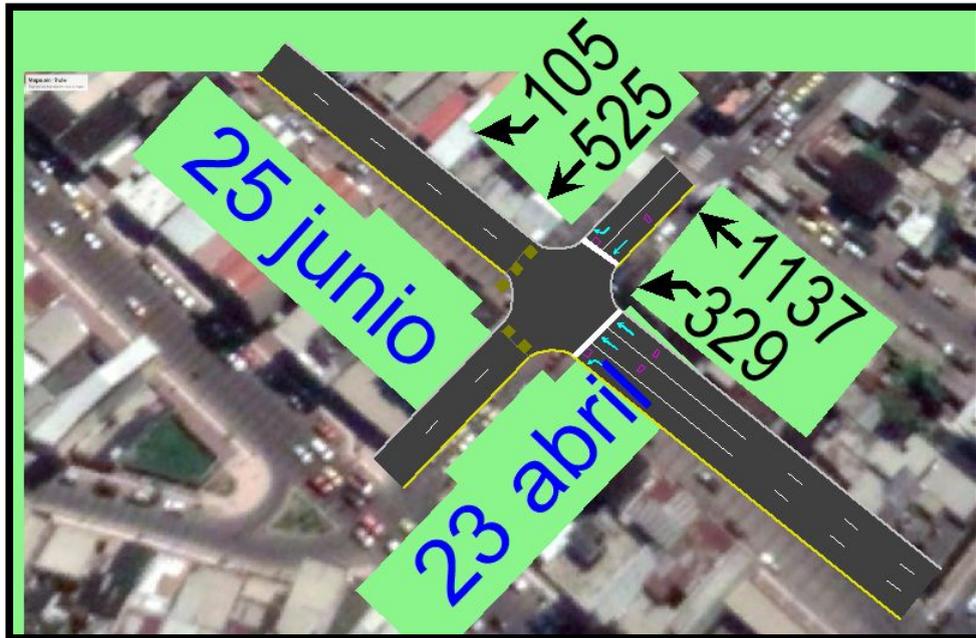


Figura 7: Volúmenes máximos ingresados en el Software
Fuente: Elaboración propia en Synchro 8

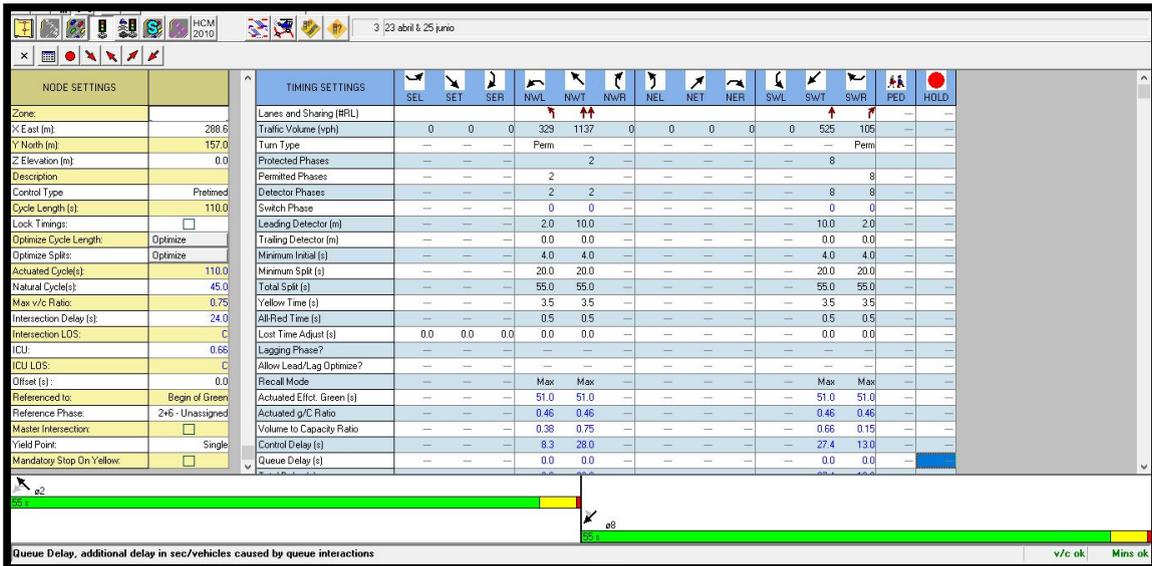


Figura 8: simulación del software
Fuente: Elaboración propia en Synchro 8



Figura 9: Tiempo total del verde obtenido mediante el Software Synchro
Fuente: Elaboración propia en Synchro 8.

3. CONCLUSIONES

- Revisando la bibliografía adecuada se pudo obtener información tanto teórica como práctica la cual nos dirige a la conclusión de que una ciudad en potencial crecimiento tiene la necesidad de ser regida por señales de tránsito eficientes, que favorezcan el flujo vehicular del lugar y engrandezca la producción del sector generando más ingresos y mejorando la calidad de vida de las personas.
- En el aforo que se realizó se obtuvo un máximo volumen de 1677 vehículos en total comprendidos entre las 17:30 a 18:30 “hora pico”, de los cuales el 77% son livianos, el 1% son busetas, el 2% son camiones y el 20% motos con un promedio de 164 peatones estos datos fueron recopilados de la avenida de mayor orden como lo es la 25 de Junio, en la cual se encuentra situado un semáforo a la altura de la intersección con la Carrera 23 de Abril, donde podemos apreciar su mala sincronización y optimización de los tiempos dando lugar a la congestión vehicular en dicha dirección.
- Mediante la metodología Webster se pudo determinar los tiempos optimizados del semáforo donde planteamos que en la Av. 25 de Junio el color verde tendrá una duración de 93 seg, el amarillo 3 seg y el rojo 39 seg, mientras que en la carrera 23 de Abril el color verde constará de 33 seg el amarillo de 3 seg y el rojo de 97 seg teniendo en cuenta los 96 seg del verde para peatones y los 39 seg para el rojo. Mientras que en el Synchro se obtuvo un tiempo total del verde de 110 seg que se aproxima bastante a los 135 seg que nos otorgó la metodología Webster.
- De manera personal la Avenida 25 de Junio tiene un mayor ciclo en el color verde del semáforo debido a la excesiva cantidad de vehículos que la transitan tienden a tomar el carril izquierdo para girar a la carrera 23 de Abril y el poco tiempo que proporciona el actual semáforo no es suficiente para que el tránsito circule de manera fluida, sino más bien ocasiona un colapso del mismo dando lugar a la congestión vehicular de la intersección.

4. RECOMENDACIONES

- Se sugiere revisar bibliografía actualizada ya que al pasar los años los estudios van aumentando y muchas de las veces cambiando a modalidades más eficaces y renovadas.
- En el lugar del aforo se recomienda tener la cantidad de personas necesarias que ocupen las estaciones a estudiar y analizar, de esta manera se ahorra tiempo y se obtiene datos más favorables para la investigación.
- Es mucho más factible trabajar con varios métodos que refieran al tema, en este caso usamos la metodología Webster y el Software Synchro 8 y así se obtienen resultados variados pero dirigidos a una misma solución.
- Es recomendable aumentar los tiempos en el semáforo para una mejor fluidez del tránsito en este caso de 35 seg aumentar a 93 seg en la Avenida 25 de Junio mientras que en la 23 de Abril sólo se aumentaría 1 seg más, siendo de 32 seg a 33 seg.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] E. J. O. Estrada, J. C. B. Cabrera, E. A. R. Valdiviezo, L. O. C. Romero, F. A. A. Morales, y M. A. T. Rivas, «Evaluación de la congestión vehicular: Av. Castro Benítez y Vía Pajonal, Machala-Ecuador, año 2016», *Cumbres*, vol. 3, n.º 1, pp. 135-142, 2017, [En línea]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6550728>.
- [2] J. G. Carrillo-González, «Driving solutions for autonomous vehicles, and adaptive proposals to set the traffic lights times and to choose routes», *Ing. invest. y tecnol.*, vol. 20, n.º 2, pp. 0-0, 2019, doi: 10.22201/fi.25940732e.2019.20n2.020.
- [3] A. Molina-Navarro, S. Zamora-Castro, M. Remess-Pérez, y E. Lagunes-Lagunes, «Los semáforos inteligentes en la logística urbana sustentable», *Revista Aplicaciones de la Ingeniería*, pp. 28-30, 2016, [En línea]. Disponible en: https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Aplicaciones_de_la_Ingenieria/vol3num9/Revista_Aplicaciones_de_la_Ingenieria_V3_N9_3.pdf.
- [4] Q. Lu, T. Tettamanti, D. Hörcher, y I. Varga, «The impact of autonomous vehicles on urban traffic network capacity: an experimental analysis by microscopic traffic simulation», *Transportation Letters*, vol. 12, n.º 8, pp. 540-549, sep. 2020, doi: 10.1080/19427867.2019.1662561.
- [5] N. I. Herrera-Herrera, S. Luján-Mora, E. Gómez-Torres, y Others, «Integración de herramientas para la toma de decisiones en la congestión vehicular», 2018, [En línea]. Disponible en: <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/76630>.
- [6] T. Ziad, A. Verdezoto, F. Felix, C. Montes, y R. Medina, «ANÁLISIS DEL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR PARA EL MEJORAMIENTO DE VÍA PRINCIPAL EN GUAYAQUIL-ECUADOR ANALYSIS OF TRAFFIC CONGESTION FOR THE IMPROVEMENT OF A MAIN ROAD IN GUAYAQUIL- ECUADOR», jul. 2020, doi: 10.13140/RG.2.2.21905.04960.
- [7] J. M. Celis-Peñaranda, C. D. Escobar-Amado, S. B. Sepúlveda-Mora, S. A. Castro-Casadiego, B. Medina-Delgado, y J. J. Ramírez-Mateus, «Control adaptativo para optimizar una intersección semaforica basado en un sistema embebido», *Ingeniería y ciencia*, vol. 12, n.º 24, pp. 169-193, 2016, [En línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/835/83548395008.pdf>.
- [8] S. R. Aviles, F. J. C. Rizo, G. C. Quintero, y M. Y. Leyva Vázquez, «Evaluación tráfico vehicular para conocer nivel de servicio de Avenida Francisco de Orellana, Ciudad Guayaquil», *Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación*, vol. 3, n.º 3, pp. 69-73, 2018, Accedido: oct. 27, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7364568>.
- [9] J.-R. Quintero-González, «Del concepto de ingeniería de tránsito al de movilidad urbana sostenible», *Rev Ambydes*, vol. 21, n.º 40, pp. 57-72, jun. 2017, doi: 10.11144/Javeriana.ayd21-40.citm.

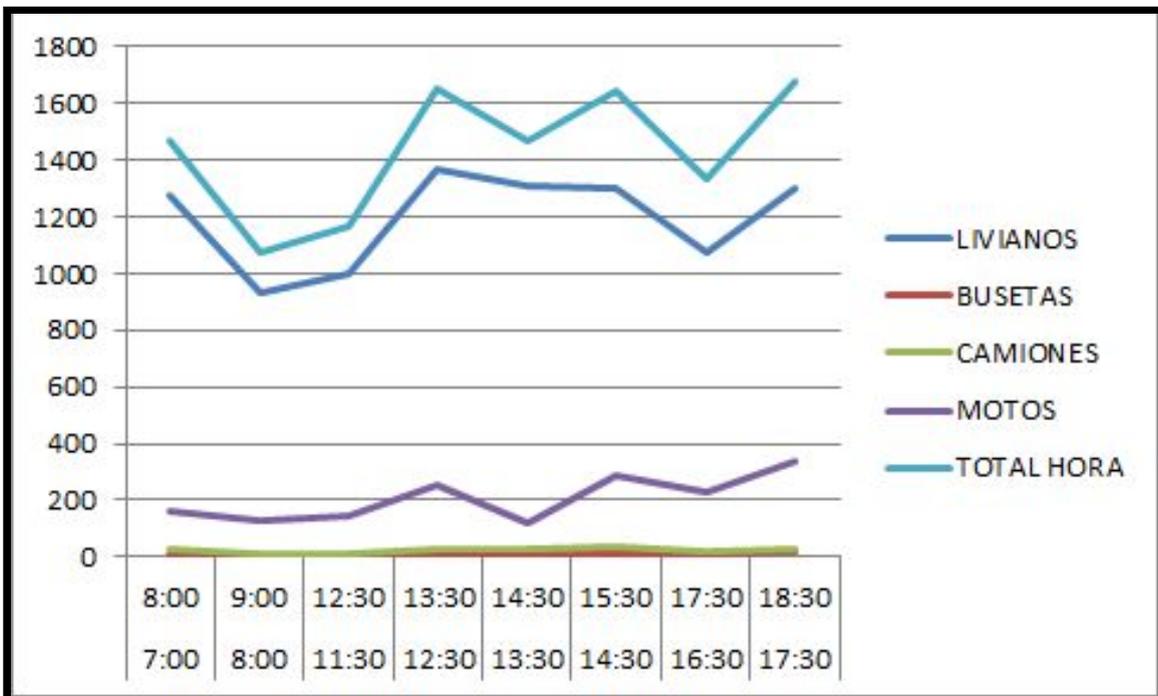
- [10] M. E. P. Fanjul *et al.*, «Hacia un modelo social y sostenible de movilidad urbana en España», *Economistas*, n.º 169, pp. 8-18, 2020, Accedido: oct. 27, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7512231>.
- [11] A. Ruiz Villalonga y E. Alpizar Arteaga, «Método de sincronización de planes en un controlador semafórico», *Ing. Electron. Autom. Comun.*, vol. 35, n.º 1, pp. 50-56, 2014, [En línea]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59282014000100005&lng=es&nrm=iso&tlng=es.
- [12] R. Cal y Mayor Reyes Spíndola, J. Cárdenas Grisales, y G. Radelat Egües, *Ingeniería de tránsito : fundamentos y aplicaciones*. México: : Alfaomega, 2013.
- [13] B. Wolput, E. Christofa, y A. Carbonez, «Optimal traffic signal settings with transit signal priority», *of the Transportation ...*, 2015, [En línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Bart_Wolput/publication/276170487_Optimal_traffic_signal_settings_with_transit_signal_priority/links/5551c86508ae12808b393eba/Optimal-traffic-signal-settings-with-transit-signal-priority.pdf.
- [14] C. M. U. Cantuta, A. J. T. Flores, y R. S.-C. Juárez, «Optimización del flujo vehicular en la intersección vial de la Av. Bolognesi y la Av. Gustavo Pinto en la ciudad de Tacna», *INGENIERÍA INVESTIGA*, vol. 1, n.º 1, pp. 65-71, dic. 2019, doi: 10.47796/ing.v1i1.123.

6. ANEXOS

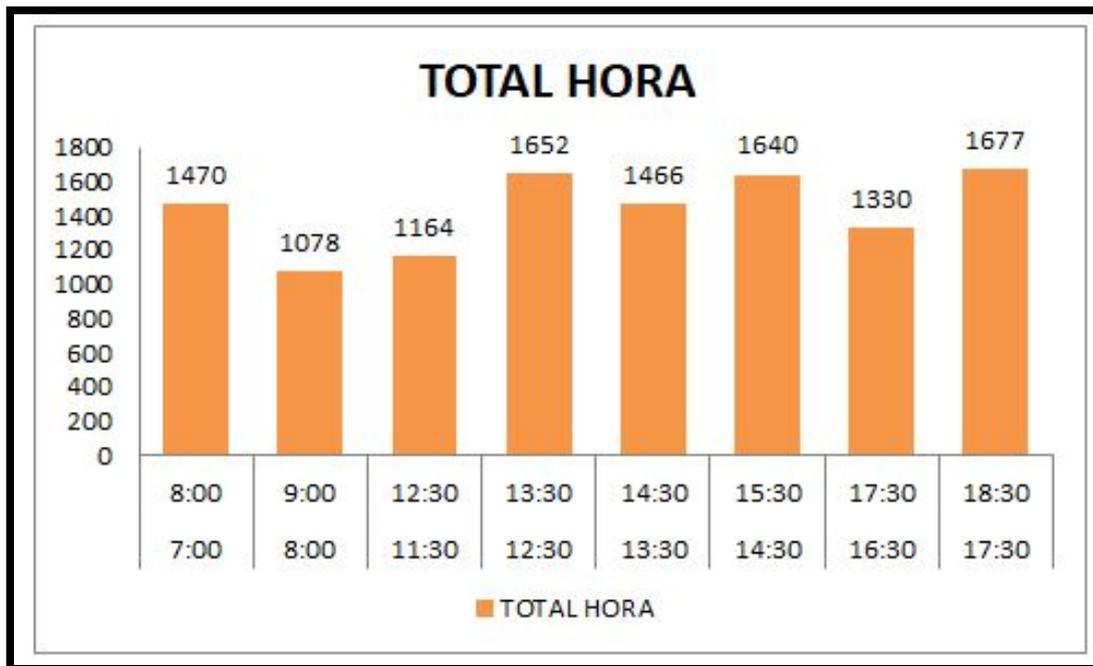
6.1. Datos de la Avenida 25 de Junio.

25 DE JUNIO	HORA INICIAL	HORA FINAL	LIVIANOS	BUSSETAS	CAMIONES	MOTOS	TOTAL HORA	RECTO	GIRAN 23 DE ABRIL
	7:00	8:00	1275	11	24	160	1470	1170	300
	8:00	9:00	930	6	14	128	1078	808	270
	11:30	12:30	1002	5	12	145	1164	867	297
	12:30	13:30	1370	7	25	250	1652	1137	515
	13:30	14:30	1310	9	27	120	1466	1137	329
	14:30	15:30	1304	10	39	287	1640	1195	445
	16:30	17:30	1072	10	16	232	1330	1110	220
	17:30	18:30	1300	17	24	336	1677	1176	501
TOTAL 8 HORAS			9563	75	181	1658	11477	8600	2877
			83,32%	0,65%	1,58%	14,45%	100,00%	75%	25%

*Anexo 1: Aforo vehicular 25 de Junio
Fuente: Elaboración propia*



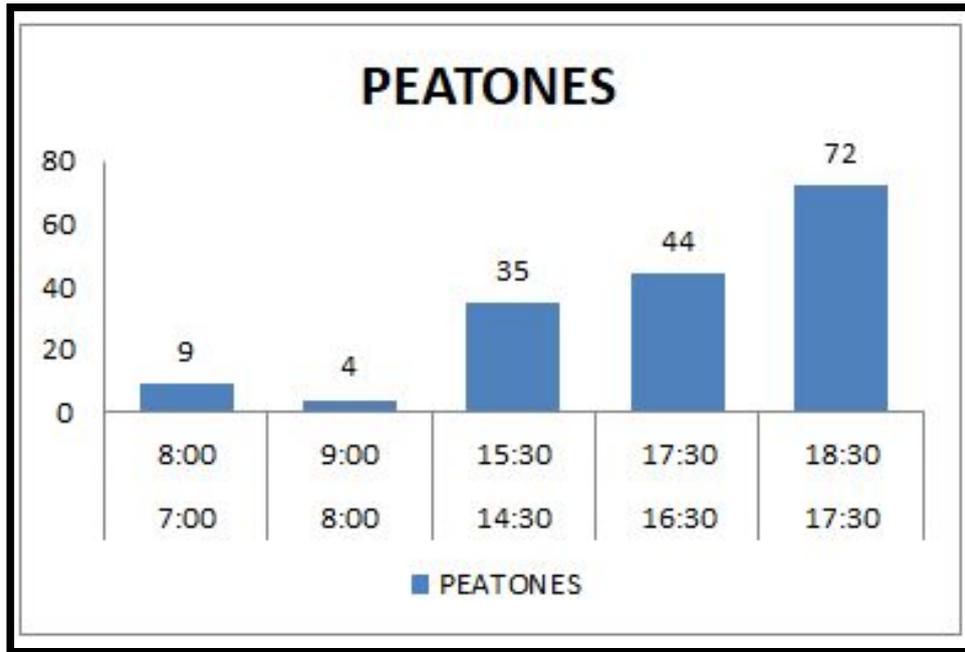
*Anexo 2: Datos estadísticos de vehículos
Fuente: Elaboración propia*



*Anexo 3: Volumen de vehículos por hora
Fuente: Elaboración propia*

25 DE JUNIO	HORA INICIAL	HORA FINAL	PEATONES
	7:00	8:00	9
	8:00	9:00	4
	14:30	15:30	35
	16:30	17:30	44
	17:30	18:30	72
	TOTAL 5		164

*Anexo 4: Conteo de peatones
Fuente: Elaboración propia*

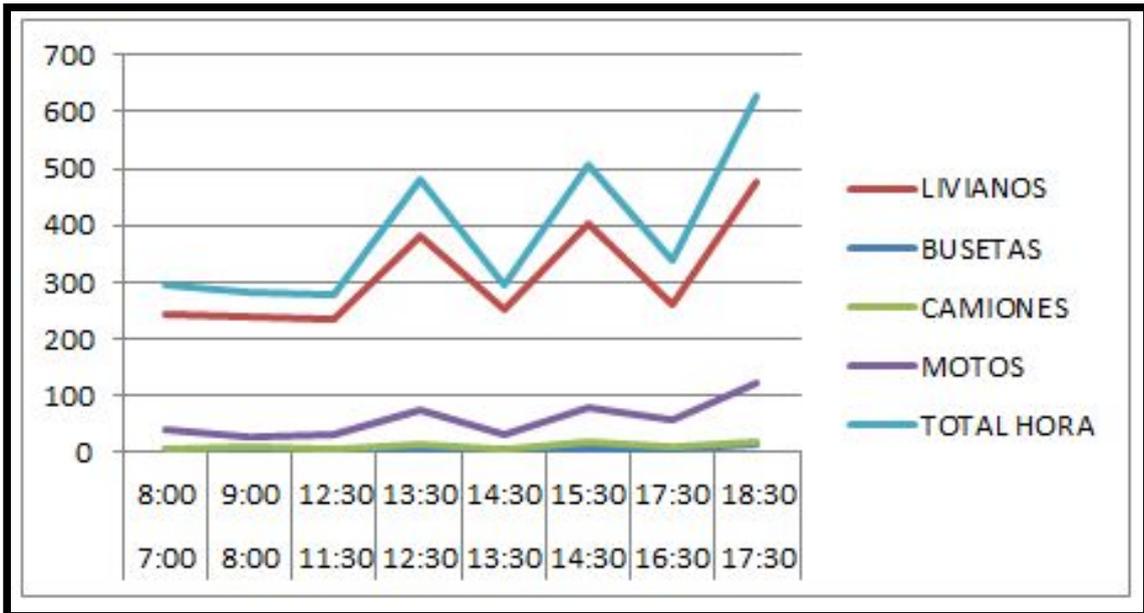


*Anexo 5: Aforo peatonal 25 de Junio
Fuente: Elaboración propia*

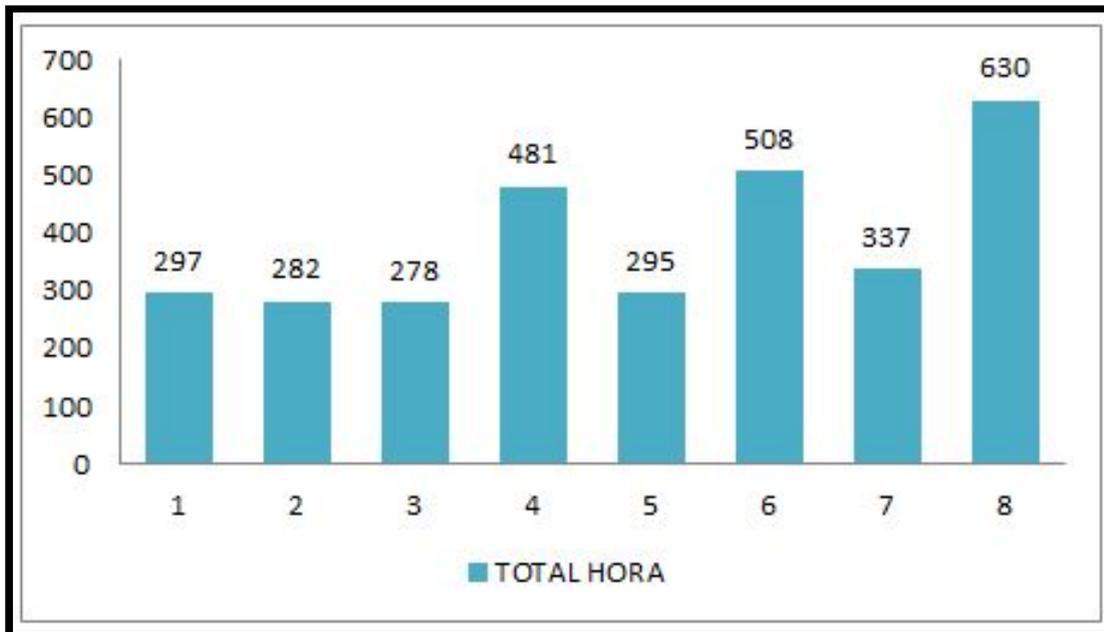
6.2. Datos de la Carrera 23 de Abril

23 DE ABRIL	HORA INICIAL	HORA FINAL	LIVIANOS	BUSETAS	CAMIONES	MOTOS	TOTAL HORA	RECTO	GIRAN 25 DE JUNIO
	7:00	8:00	243	6	6	42	297	271	26
	8:00	9:00	240	2	11	29	282	258	24
	11:30	12:30	235	5	7	31	278	231	47
	12:30	13:30	382	7	15	77	481	357	124
	13:30	14:30	250	5	7	33	295	243	52
	14:30	15:30	404	6	18	80	508	340	168
	16:30	17:30	262	5	12	58	337	231	106
	17:30	18:30	478	13	18	121	630	525	105
TOTAL 8 HORAS			2494	49	94	471	3108	2456	652
			80,24%	1,58%	3,02%	15,15%	100,00%	79%	21%

*Anexo 6: Aforo vehicular 23 de Abril
Fuente: Elaboración propia*



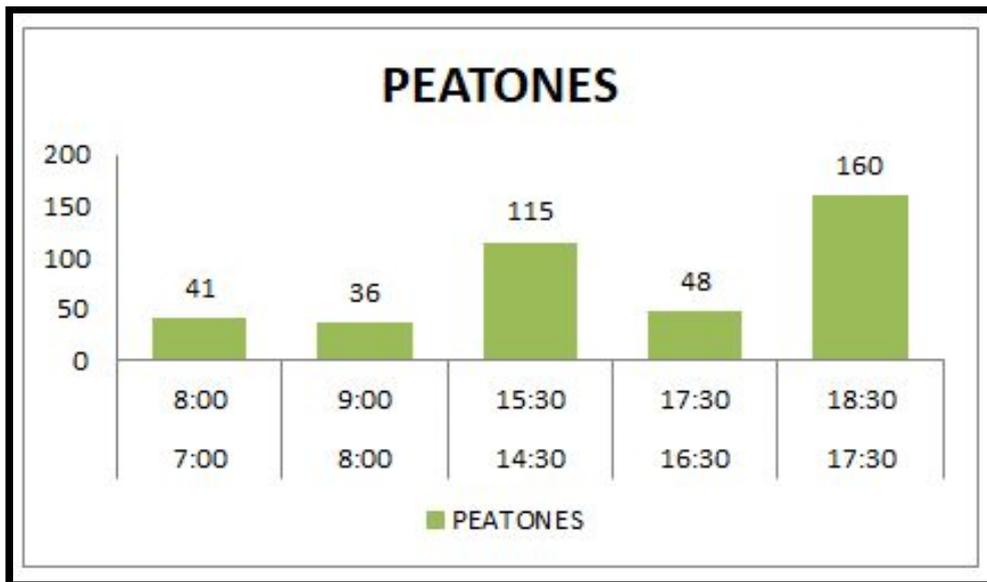
Anexo 7: Datos estadísticos de vehículos
Fuente: Elaboración propia



Anexo 8: Volumen de vehículos por hora
Fuente: Elaboración propia

23 DE ABRIL	HORA INICIAL	HORA FINAL	PEATONES
	7:00	8:00	41
	8:00	9:00	36
	14:30	15:30	115
	16:30	17:30	48
	17:30	18:30	160
	TOTAL 5		400

*Anexo 9: Aforo peatonal 23 de Abril
Fuente: Elaboración propia*



*Anexo 10: Datos estadísticos de peatones
Fuente: Elaboración propia*

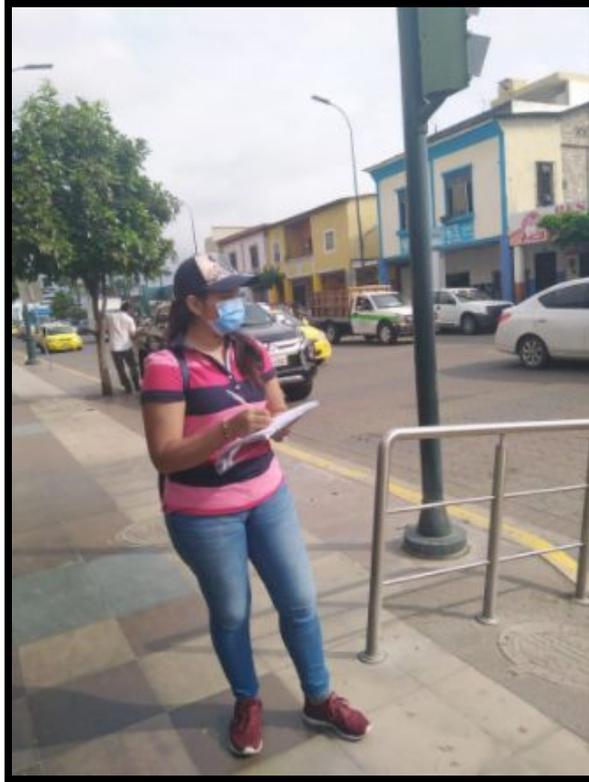
6.3. (Memoria Fotográfica – Aforo)



Anexo 11: Aforo en la Carrera 23 de Abril
Fuente: Elaboración propia



Anexo 12: Aforo en la Av 25 de Junio
Fuente: Elaboración propia



Anexo 13: Conteo del tiempo del semáforo
Fuente: Elaboración propia



Anexo 14: Medición de las calles intersectadas
Fuente: Elaboración propia



Anexo 15: *Intersección Av 25 de Junio y 23 de Abril*
Fuente: *Elaboración*



Anexo 16: *Intersección Av 25 de Junio y 23 de Abril*
Fuente: *Elaboración propia*