



# UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

SINCRONIZACIÓN DE SEMÁFOROS EN LA INTERSECCIÓN DE LA AV.  
ARIZAGA Y AV. PAJONAL DE LA CIUDAD DE MACHALA

FEIJOO HOYOS JORGE FERNANDO  
INGENIERO CIVIL

MACHALA  
2020



# UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

SINCRONIZACIÓN DE SEMÁFOROS EN LA INTERSECCIÓN DE  
LA AV. ARIZAGA Y AV. PAJONAL DE LA CIUDAD DE  
MACHALA

FEIJOO HOYOS JORGE FERNANDO  
INGENIERO CIVIL

MACHALA  
2020



# UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

EXAMEN COMPLEXIVO

SINCRONIZACIÓN DE SEMÁFOROS EN LA INTERSECCIÓN DE LA AV. ARIZAGA  
Y AV. PAJONAL DE LA CIUDAD DE MACHALA

FEIJOO HOYOS JORGE FERNANDO  
INGENIERO CIVIL

OYOLA ESTRADA ERWIN JAVIER

MACHALA, 26 DE FEBRERO DE 2020

MACHALA  
26 de febrero de 2020

### Nota de aceptación:

Quienes suscriben, en nuestra condición de evaluadores del trabajo de titulación denominado Sincronización de semáforos en la intersección de la Av. Arizaga y Av. Pajonal de la ciudad de Machala, hacemos constar que luego de haber revisado el manuscrito del precitado trabajo, consideramos que reúne las condiciones académicas para continuar con la fase de evaluación correspondiente.



---

OYOLA ESTRADA ERWIN JAVIER  
0702019738  
TUTOR - ESPECIALISTA 1



---

CARRILLO LANDIN ANGEL ANTONIO  
0701210668  
ESPECIALISTA 2



---

MEDINA SANCHEZ YUDY PATRICIA  
0703642850  
ESPECIALISTA 3

Fecha de impresión: miércoles 26 de febrero de 2020 - 15:20

# ANÁLISIS DE LA CONGESTIÓN VEHICULAR EN LA INTERSECCIÓN DE LA AV. ARIZAGA Y AV. PAJONAL DE LA CIUDAD DE MACHALA

*por* Jorge Fernando Feijoo Hoyos

---

**Fecha de entrega:** 10-feb-2020 04:16p.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 1255004570

**Nombre del archivo:** I\_N\_DE\_LA\_AV.\_ARIZAGA\_Y\_AV.\_PAJONAL\_DE\_LA\_CIUADAD\_DE\_MACHALA.docx  
(30.34K)

**Total de palabras:** 4115

**Total de caracteres:** 20562

# ANÁLISIS DE LA CONGESTIÓN VEHICULAR EN LA INTERSECCIÓN DE LA AV. ARIZAGA Y AV. PAJONAL DE LA CIUDAD DE MACHALA

## INFORME DE ORIGINALIDAD

4%

INDICE DE SIMILITUD

3%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://dspace.ucuenca.edu.ec">dspace.ucuenca.edu.ec</a> Fuente de Internet	1%
2	<a href="http://www.impactxp.com">www.impactxp.com</a> Fuente de Internet	<1%
3	<a href="http://www.amazon.com">www.amazon.com</a> Fuente de Internet	<1%
4	Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego Trabajo del estudiante	<1%
5	<a href="http://www.proz.com">www.proz.com</a> Fuente de Internet	<1%
6	Submitted to UNIV DE LAS AMERICAS Trabajo del estudiante	<1%
7	<a href="http://www.dspace.espol.edu.ec">www.dspace.espol.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1%
8	Submitted to Universidad Andina del Cusco	

Trabajo del estudiante

<1%

9 [www.domusselecta.com](http://www.domusselecta.com)  
Fuente de Internet

<1%

10 [www.concesioneschile.cl](http://www.concesioneschile.cl)  
Fuente de Internet

<1%

11 [www.antiessays.com](http://www.antiessays.com)  
Fuente de Internet

<1%

12 [www.canalsolidario.org](http://www.canalsolidario.org)  
Fuente de Internet

<1%

13 [www.aregional.com](http://www.aregional.com)  
Fuente de Internet

<1%

14 [hdl.handle.net](http://hdl.handle.net)  
Fuente de Internet

<1%

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

< 5 words

Excluir bibliografía

Activo

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

El que suscribe, FEIJOO HOYOS JORGE FERNANDO, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado Sincronización de semáforos en la intersección de la Av. Arizaga y Av. Pajonal de la ciudad de 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.

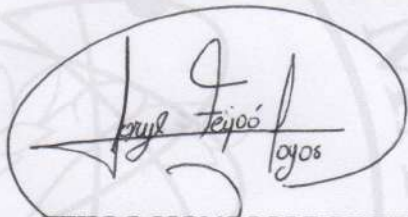
El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

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.

El autor 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, 26 de febrero de 2020



FEIJOO HOYOS JORGE FERNANDO  
1719709774





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**ANÁLISIS DE LA CONGESTIÓN VEHICULAR EN LA  
INTERSECCIÓN DE LA AV. ARÍZAGA Y AV. PAJONAL DE  
LA CIUDAD DE MACHALA.**

**Jorge Fernando Feijoó Hoyos**

MACHALA

2020

## Índice

Resumen.....	5
Palabras claves.....	5
Abstract .....	5
Key words. ....	5
1.    Introducción.....	6
2.    Desarrollo.....	7
2.1. Problemática.....	7
2.1.1. Antecedentes.....	7
2.1.2. Planteamiento del problema.....	8
2.1.3. Ubicación del problema.....	9
2.2. Objetivo general.....	9
2.2.1. Objetivos Específicos.....	9
2.3. Marco Teórico.....	10
2.3.1. Flujo Vehicular.....	10
2.3.2. Congestión vehicular.....	10
2.3.3. Volumen vehicular.....	10
2.3.4. Capacidad de servicio de una vía.....	10
2.3.5. Niveles de servicio de una vía.....	10
2.4. Metodología.....	11

2.4.1. Análisis directo y toma de datos del aforo vehicular.....	14
2.4.2. Tiempos de semaforización.....	20
2.5. Resultados	20
2.5.1. Determinación de horas que representan mayor número de flujo vehicular.....	20
2.5.2. Determinación del número máximo de vehículos por estación.....	22
2.5.3. Determinación de niveles de servicio de la vía Pajonal.....	24
3. Conclusiones.....	27
4. Bibliografía.....	28

### Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Ubicación geográfica de la intersección.....	7
Ilustración 2. Plano de estaciones y puntos de control.....	9
Ilustración 3. Localización de semáforos dentro de la intersección.....	11
Ilustración 4. Estación 2, Lunes 06, Intervalos de 15 minutos.....	14
Ilustración 5. Gráfica de estación 1. Lunes 6 de Enero de 2020.....	19
Ilustración 6. Gráfica de estación 2. Lunes 6 de Enero de 2020.....	20
Ilustración 7. Gráfica de estación 3. Lunes 6 de Enero de 2020.....	20
Ilustración 8. Gráfica de estación 4. Lunes 6 de Enero 2020.....	20
Ilustración 9. Comparación de datos de la Estación 1.....	21
Ilustración 10. Comparación de datos de la Estación 2.....	21

Ilustración 11. Comparación de datos de la Estación 3.....	22
Ilustración 12. Comparación de datos de la Estación 4.....	22
Ilustración 13. Volúmenes de vehículos en Synchro.....	23
Ilustración 14. Niveles de servicio.....	24
Ilustración 15.Niveles de servicio con tiempos corregidos.....	24
Ilustración 15.Niveles de servicio con tiempos corregidos.....	26

### Índice de Tablas

Tabla 1. Estación 1. Aforo Vehicular lunes 6 de enero de 2020.....	13
Tabla 2. Estación 2. Aforo Vehicular lunes 6 de enero de 2020.....	13
Tabla 4 Estación 4. Aforo Vehicular lunes 6 de enero de 2020.....	13
Tabla 3 Estación 3. Aforo Vehicular lunes 6 de enero de 2020.....	13
Tabla 5. Estación 1, Lunes 06, intervalos de 15 minutos.....	14
Tabla 6. Estación 2, Lunes 06, intervalos de 15 minutos.....	14
Tabla 7. Estación 3, Lunes 06, intervalos de 15 minutos.....	14
Tabla 8. Estación 4, Lunes 06, intervalos de 15 minutos.....	15
Tabla 9. Estación 1, Aforo Vehicular Martes 7 de 2020.....	16
Tabla 10. Estación 2, Aforo Vehicular Martes 7 de 2020.....	16
Tabla 11. Estación 3, Aforo Vehicular Martes 7 de 2020.....	16
Tabla 12. Estación 4, Aforo Vehicular Martes 7 de 2020.....	16

Tabla 13. Estación 1 Aforo Vehicular Miércoles 8 de 2020.....	16
Tabla 14. Estación 2, Aforo Vehicular Miércoles 8 de 2020.....	16
Tabla 15 Estación 3, Aforo Vehicular Miércoles 8 de 2020.....	17
Tabla 16 Estación 4, Aforo Vehicular Miércoles 8 de 2020.....	17
Tabla 17. Estación 1, Aforo Vehicular Jueves 9 de Enero de 2020.....	17
Tabla 18 Estación 2, Aforo Vehicular Jueves 9 de Enero de 2020.....	17
Tabla 19. Estación 3, Aforo Vehicular Jueves 9 de Enero de 2020.....	17
Tabla 20. Estación 4, Aforo Vehicular Jueves 9 de Enero de 2020.....	17
Tabla 21. Estación 2, Aforo Vehicular Viernes 10 de Enero de 2020.....	18
Tabla 22. Estación 1, Aforo Vehicular Viernes 10 de Enero de 2020.....	18
Tabla 23. Estación 4, Aforo Vehicular Viernes 10 de Enero de 2020.....	18
Tabla 24. Estación 4, Aforo Vehicular Viernes 10 de Enero de 2020.....	18
Tabla 25. Tiempo de semaforización de la intersección.....	18
Tabla 26. Volumen máximo de vehículos por Estación.....	23
Tabla 27. Tiempos de semáforos redistribuidos.....	24
Tabla 28. Volumen máximo de vehículos por Estación.....	26

## **Resumen**

El crecimiento demográfico y la congestión vehicular son dos variables que actúan indirectamente de manera conjunta, importantes de resaltar y de analizar; si bien es cierto, la segunda variable hace referencia a la condición de obstrucción y saturación del flujo vehicular de vías generando un incremento en los tiempos de viaje y demás situaciones caóticas que enfrentan a diario los vehículos livianos, medianos y pesados dentro de una zona en particular que a la vez aumentan día a día con el crecimiento demográfico mencionado con anterioridad. Es por ello que la presente investigación tiene como objetivo principal el análisis de la congestión vehicular en la intersección de la Av. Arizaga, Av. Pajonal y Av. Luis Ángel León Román a través de una metodología de campo, con un aforo inicial de 12 horas para determinar los tiempos de mayor afluencia de tráfico tanto en la mañana como en la tarde durante un periodo de tiempo de una semana y con un intervalo periódico de 15 minutos, todo ello mediante la utilización del programa de simulación de tráfico vial Synchro 8.0.

**Palabras claves:** Aforo vehicular, Congestión vehicular, Flujo vehicular, Synchro 8.0.

## **Abstract.**

Demographic growth and vehicular congestion are two variables that act indirectly together, important to highlight and analyze; although it is true, the second variable refers to the condition of obstruction and saturation of the vehicular flow of roads generating an increase in travel times and other chaotic situations that daily light, medium and heavy vehicles face within an area in particular that at the same time increase day by day with the demographic growth mentioned above. That is why this research has as its main objective the analysis of vehicular congestion at the intersection of Av. Arizaga, Av. Pajonal and Av. Luis Ángel León Román through a field methodology, with an initial capacity of 12 hours to determine the times of greater traffic influx both in the morning and in the afternoon for a period of one week and with a periodic interval of 15 minutes, all through the use of the Synchro 8.0 road traffic simulation program.

**Key words:** Vehicle capacity, Vehicle congestion, Vehicle flow, Synchro 8.0.

## **1. Introducción.**

A lo largo de la historia la actividad del sector transporte tanto de pasajeros como de carga ha contribuido de manera significativa al avance del aspecto social y del desarrollo económico de las grandes ciudades a nivel mundial, sin embargo existen limitantes que frenan el avance de la distribución, la organización y el trazado de las vías como su alto índice de crecimiento y las características del terreno donde se desarrolló el auge de la misma; esta última característica presenta las dificultades que conlleva su relieve para el crecimiento de sus edificaciones y de su aspecto vial por la demografía del sector. [1]

Ecuador es un país que está en constante desarrollo a nivel de infraestructuras viales, el país crece a medida que crece su actividad comercial, administrativa y turística, sin embargo, al haber experimentado tan significativos cambios, estos han repercutido directamente en una problemática de congestión vehicular que tiene como causas principales, el relieve montañoso que presenta el territorio Ecuatoriano al lado occidental y llanuras y valles del lado Oriental, una explotación poblacional más alta que las obras para satisfacer dichas demandas viales, y los linderos marítimos que impiden que el país se extienda en todas las posibles direcciones. [2]

Dentro de la ciudad de Machala podemos encontrar que la distribución de las vías no satisface la demanda de vehículos que existe y esto es debido a un crecimiento no planificado de la ciudad y a la carencia de espacios y estudios pertinentes, la intersección que se analizó corresponde la unión de las Av. Arizaga, Av. Pajonal y Av. Luis Ángel León Mera, la cual presentó un alto índice de congestión en determinadas horas del día debido a una mala distribución de los semáforos que generan altos tiempos de espera.

Mediante el uso de software y de programas encargados del modelado de vías, se procedió a estudiar los volúmenes máximos de vehículos que transitan en la intersección, así como los tiempos de cambio de dirección de los semáforos que rigen el cruce vial, para luego poder determinar como posible solución a la congestión del sector una regulación en los tiempos de control, disminuyendo los tiempos de rojo y aumentando los tiempos en verde para facilitar el flujo vehicular.

## **2.1. Desarrollo**

### **2.1. Problemática**

#### **2.1.1. Antecedentes**

La provincia de El Oro no es una excepción en el proceso de desarrollo del país en sus infraestructuras viales, sin embargo el crecimiento exponencial de la población en los últimos años que supera la demanda de espacios viales ha ocasionado que la provincia presente dentro de sus vías, zonas de conflictos que repercuten en afectaciones a la salud, medio ambiente y seguridad vial. [3]

Sin duda alguna, la complejidad progresiva de las diversas condiciones del transporte y el crecimiento de la población impactan tanto directa como indirectamente a la denominada congestión vehicular, considerada ésta, como una problemática que afecta no solamente la parte superficial del tráfico, sino todo lo que viene consigo, como la variable tiempo, misma que juega un papel altamente relevante en este aspecto, en el que se valora el costo de oportunidad de esparcimiento sacrificado y un poco más allá de ello, de todos los flujos monetarios que se ven afectados por dicha variable, causada por la congestión vehicular. [4]

La ciudad de Machala poseía una capacidad necesaria para satisfacer los requerimientos de demanda para la población existente en ese tiempo puntual, sin embargo, de la mano de un crecimiento social viene también el aumento de vehículos que circulan dentro del círculo urbano de Machala solicitando el óptimo diseño en el dimensionamiento y calidad de la vía para evitar caer en un embotellamiento masivo en el flujo vehicular.[5]

Otros efectos que traen consigo dicha problemática, se revelan en algunos estudios previos en el que se encuentra inmersa la cultura ciudadana y la manera de cómo se asimilan dichas situaciones entorno a las consecuencias de la congestión vehicular, no solo tomando en consideración el factor tiempo, sino también la imprudencia de las normas de tránsito, incertidumbre e intolerancia por parte de los conductores, aumento del valor del



combustible que se refleja en uno de los factores mencionados con anterioridad como las pérdidas monetarias, otros costos de operación y la peligrosidad de las vías. [6]

### **2.1.2. Planteamiento del problema.**

El problema que presenta la intersección sometida a estudio en la ciudad de Machala el 6 de Enero de 2020 es el alto índice de congestión vehicular durante el transcurso del día debido a una mala distribución de los niveles de servicio de la vía, generando demora en los tiempos de viaje y riesgos de accidentes de tránsito ocasionados por un mal reparto y sincronización en los tiempos de semaforización que guían las direcciones y los sentidos que debe tomar la vía.

La intersección sometida a estudio dentro de la ciudad de Machala involucra la Av. Arizaga, considerada como vía principal, uniendo el paso a desnivel de la ciudad con el centro de la misma y dos vías secundarias la Av. Pajonal y la Av. Luis Ángel León Morán que llegan e intersectan con la vía ya mencionada [7]; hay que tener en consideración que la Av. Pajonal presenta tres institutos de educación denominados “UEPRIM” (Principito & Marcel Laniado de Wind), “UESMA” (Unidad Educativa Particular Santa María), y por último la “UNEIN del Pacífico”, para poder comprender el congestionamiento de flujo vehicular que presenta la vía en determinadas horas de la mañana (entrada de las escuelas) y de la tarde (salida de las escuelas), adicionando la presencia de la UMET (Universidad Metropolitana) que aumenta el tráfico en las horas de la tarde.

El buen funcionamiento de las intersecciones se determina en base a 3 aspectos como son la demanda o cantidad de vehículos que transitan por la misma, la oferta siendo la capacidad de la vía y los dispositivos de control ya sean mediante el uso de semáforos o señaléticas. Synchro 8 es un programa de modelado de carreteras que permite encontrar el nivel de servicio de una vía usando un conteo de tráfico previo y el estudio de la semaforización [8]

Una correcta distribución de los tiempos de semaforización entre el cambio de las luces, es fundamental e importantísimo para aliviar los tiempos de viaje y evitar los tiempos de espera entre las intersecciones de tal manera que evitamos llegar a ocasionar una congestión vehicular significativa en nuestra vía y obteniendo una mejora en los niveles de

servicio de cada carril, es por ello que mediante el uso de programas y software se analizó estos tiempos.

### 2.1.3. Ubicación del problema.

La intersección que se va a someter a estudio se encuentra ubicada entre la Av. Arizaga, Av. Pajonal y Av. Luis Ángel León Román, situadas en la ciudad de Machala provincia de El Oro. A continuación se detalla las coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator) proporcionado por Google Earth para referenciar nuestro trabajo dentro del programa de Modulación Synchro 8.



*Ilustración 1. Ubicación geográfica de la intersección*

## 2.2. Objetivo general.

Determinar la congestión vehicular que presenta la intersección de la Av. Arizaga, la Av. Pajonal y la Av. Luis Ángel León Román de la ciudad de Machala mediante la utilización de softwares y programas analíticos para mejorar la movilización de la vía encontrando los niveles de servicio y sincronizando los tiempos de los semáforos para reducir los tiempos de espera.

### 2.2.1. Objetivos Específicos.

- Analizar la intersección mediante una revisión bibliográfica de casos previos con similares características.
- Realizar un análisis directo de la intersección mediante la toma de datos del aforo vehicular, para determinar la hora con máximo volumen vehicular y el máximo número de vehículos por carril.

- Sincronizar y optimizar los tiempos de semaforización de cada carril para los niveles de servicio que presenta la intersección mediante la utilización del programa Synchro 8

## **2.3.Marco Teórico.**

### **2.3.1. Flujo Vehicular.**

El flujo vehicular detalla la forma en la que se comporta el tránsito de los vehículos al circular dentro del carril de una vía de manera ininterrumpida, sin distinciones de velocidad y tipología. Hace referencia al número de vehículos que pasan por un determinado punto en un tiempo determinado que puede ser una hora específica o del día completo. [9]

### **2.3.2. Congestión vehicular.**

La congestión vehicular hace referencia a la saturación del flujo vehicular que se presenta en una vía exigiendo una demanda de espacio mayor a la establecida, es decir, el número de vehículos que circulan por la vía excede a lo que la misma puede proveer, originando un embotellamiento y variando según la hora. [9]

### **2.3.3. Volumen vehicular**

El Volumen vehicular es el número total de vehículos que transitan por una vía en un periodo puntual de tiempo. Dependiendo de las condiciones de la vía el volumen puede sobrepasar la demanda de la misma. [9]

### **2.3.4. Capacidad de servicio de una vía**

La capacidad de una vía hace referencia al número máximo de vehículos que transitan por un determinado carril y por un lapso de tiempo que generalmente oscila entre los 15 minutos sujeto a las maniobras y direcciones que el carril exige, para ello debemos conocer las características del flujo vehicular. [10]

### **2.3.5. Niveles de servicio de una vía**

Los niveles de servicio son las características con las que operan una determinada vía y para un flujo vehicular específico. Según la calidad de servicio que demanda una vía se los califica

en un rango de letras de A hasta F dependiendo del nivel de flujo que varía entre libre, estable e inestable.

## 2.4. Metodología

La siguiente metodología se apoyó en una investigación de campo con el objetivo de determinar los niveles de servicio y los tiempos de semaforización que presenta la Av. Arizaga, la Av. Pajonal y la Av. Luis Ángel León Román mediante la utilización del programa de simulación Synchro 8 con la finalidad de sincronizar y optimizar los tiempos de espera en la intersección.

Para lo cual se procedió en primer lugar a realizar un croquis de la zona vial en la que se centró la investigación analizando los sitios estratégicos para la colocación de las diferentes estaciones con 4 observadores. Se distribuyó también los cambios de carriles que se suscitan dentro de la zona de conflicto para los diferentes puestos ya mencionados, de tal manera que cada observador se centró en una única tabla de obtención de datos de aforo vehicular.



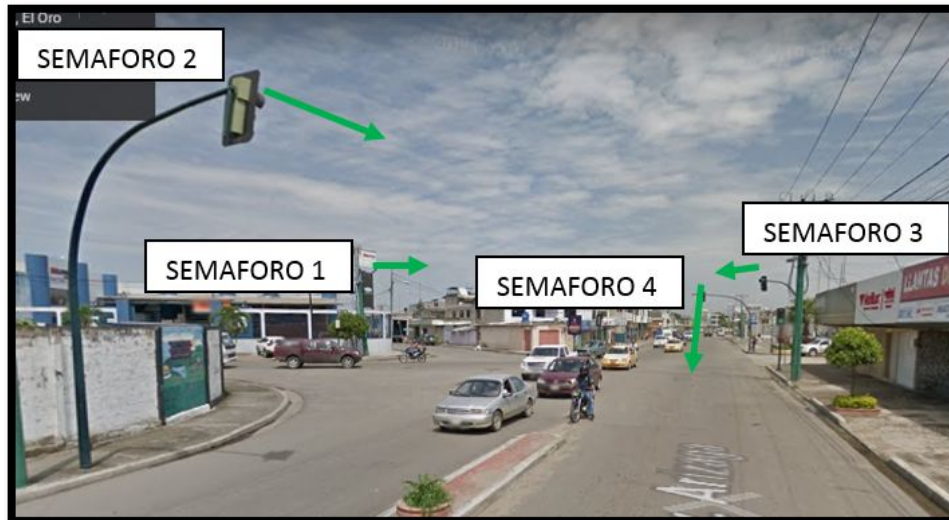
Ilustración 2. Plano de estaciones y puntos de control.

El primer día de muestreo de datos se realizó en un periodo de tiempo establecido de 12 horas y con una separación de intervalos de 15 minutos, durante las horas estimadas de mayor movimiento poblacional comprendidas entre las 6:00 a.m. y las 6:00 p.m. sin considerar la tipología de los vehículos sometidos a dicho análisis, obteniendo así las horas en la que se presentó un mayor movimiento de los mismos, tanto una hora máxima en la mañana teniendo

como referencia hasta las 12:00 p.m. y una hora máxima en la tarde desde las 12:00 p.m. hasta finalizar el periodo comprendido con anterioridad de 12 horas. [11]

Por lo tanto el observador que ocupó la estación número 1 tuvo bajo su control los vehículos que transitaron de la Av. Pajonal hacia la derecha en la Av. Arizaga, y los vehículos que giraron a la izquierda de la misma ruta; el observador que ocupó la estación número 2 únicamente realizó el conteo de los vehículos que circularon desde la Av. Arizaga hacia la derecha a la Av. Pajonal y también aquellos vehículos que continuaron su recorrido derecho por la misma vía; el observador de la estación número 3 contabilizó aquellos vehículos que transitaron por la Av. Arizaga hacia su derecha incorporándose a la Av. Pajonal, y aquellos que mantuvieron su recorrido lineal por la Av. Arizaga en dirección al centro de la ciudad; el observador número 4 y último se encargó del aforo de aquellos vehículos que circularon desde la Av. Luis Ángel León Román hacia la derecha incorporándose a la Av. Pajonal con dirección a la parte céntrica de la ciudad, hacia a la izquierda con dirección a las afueras de la ciudad y por último que continuaron de largo a través de la Av. Pajonal.

Al terminar el aforo, se tomó en cuenta la posición de los semáforos con respecto a los carriles de las avenidas, añadiéndolos a la libreta de campo, acto seguido los observadores procedieron a tomar un muestreo de los tiempos que tardan todos los semáforos involucrados en la intersección a estudio en realizar sus cambios de guía; un observador cronometró el tiempo que tarda el semáforo en cambiar de luz verde a luz naranja, y el otro observador contabilizó el tiempo que tarda en cambiar de rojo a verde; se tomó 5 muestras de tiempos de los diferentes semáforos, para poder sacar una media general de éstos.



*Ilustración 3. Localización de semáforos dentro de la intersección.*

Con los datos obtenidos en el periodo de tiempo ya establecido se procedió a encontrar 2 horas que representaron el mayor volumen de tránsito vial, una durante la mañana comprendida entre las 6h00 a.m. y las 12h00 p.m. y otra hora durante la tarde entre las 12h00 p.m. y las 6h00 p.m. de la misma manera que se contabilizó el primer día, el observador registró en su libreta de campo el número de vehículos que transitaron por las avenidas de la intersección, separando las dos horas de mayor afluencia en intervalos de 15 minutos para continuar con el estudio únicamente de la hora en la mañana que presentó más vehículos en movimiento y la hora en la tarde que presentó el mayor volumen de flujo hasta culminar la semana. [10]

Reunidos los datos en campo se trasladó el trabajo a oficina, en donde se procedió a analizar mediante el método gráfico en Excel las horas que presentan mayor nivel de tránsito vehicular así como la cantidad máxima exacta de vehículos que transitan por cada carril indiferentemente de la hora, también se determinó el carril específico de la intersección que denota el mayor índice de circulación de vehículos generando congestión en la intersección; por último con la utilización del programa de modelado Synchro 8 se obtuvo el nivel de servicio de cada carril.

Para el modelado de nuestra intersección se utilizó GOOGLE EARTH para la obtención de las coordenadas geográficas y las distancias referenciales de las vías, luego gracias al

programa de modelado Synchro 8 se simuló la intersección sometida a estudio, ingresando en él los resultados que obtuvimos gracias a Excel de los volúmenes máximos en las horas de mayor afluencia vehicular para cada carril a estudio y en cada giro que permitía la vía, luego se ingresó el valor promediado de los semáforos que restringen cada paso de circulación en la intersección obteniendo como resultado nuestro modelado real.

Se distribuyó los tiempos de los semáforos aumentando los verdes de tal manera que las horas pico presenten un mayor movimiento vial, también se comparó ambas simulaciones para analizar la mejoría de los niveles de servicio sobre todo en aquel carril de la Av. Pajonal que presentaba mayor conteo de vehículos aumentando el tiempo de circulación directamente en esta sección de vía.

#### **2.4.1. Análisis directo y toma de datos del aforo vehicular**

*Primer día, Lunes 06 de enero de 2020.-* El periodo de tiempo propuesto fue de 12 horas para el control vehicular organizado con un intervalo de 1 hora para determinar qué horas son las de mayor afluencia vehicular; se obtiene como resultados los siguientes valores en función de la hora y de la dirección vial:



ESTACION N° 3			
HORA INICIO	HORA FIN		
6:00 a. m.	7:00 a. m.	345	78
7:00 a. m.	8:00 a. m.	370	87
8:00 a. m.	9:00 a. m.	280	45
9:00 a. m.	10:00 a. m.	51	13
10:00 a. m.	11:00 a. m.	335	65
11:00 a. m.	12:00 p. m.	180	40
12:00 p. m.	1:00 p. m.	390	95
1:00 p. m.	2:00 p. m.	365	115
2:00 p. m.	3:00 p. m.	248	88
3:00 p. m.	4:00 p. m.	185	40
4:00 p. m.	5:00 p. m.	365	52
5:00 p. m.	6:00 p. m.	270	45

Tabla 3 Estación 3. Aforo Vehicular Lunes 6 de enero de 2020.

ESTACION N° 4				
HORA INICIO	HORA FIN			
6:00 a. m.	7:00 a. m.	230	30	36
7:00 a. m.	8:00 a. m.	250	40	42
8:00 a. m.	9:00 a. m.	173	32	69
9:00 a. m.	10:00 a. m.	100	35	50
10:00 a. m.	11:00 a. m.	160	53	50
11:00 a. m.	12:00 p. m.	142	40	70
12:00 p. m.	1:00 p. m.	263	40	50
1:00 p. m.	2:00 p. m.	255	40	35
2:00 p. m.	3:00 p. m.	205	40	60
3:00 p. m.	4:00 p. m.	215	45	45
4:00 p. m.	5:00 p. m.	235	57	55
5:00 p. m.	6:00 p. m.	215	35	40

Tabla 4 Estación 4. Aforo Vehicular Lunes 6 de enero de 2020.



ESTACION N° 1			
HORA INICIO	HORA FIN		
6:00 a. m.	7:00 a. m.	32	325
7:00 a. m.	8:00 a. m.	35	360
8:00 a. m.	9:00 a. m.	31	310
9:00 a. m.	10:00 a. m.	36	355
10:00 a. m.	11:00 a. m.	35	270
11:00 a. m.	12:00 p. m.	35	180
12:00 p. m.	1:00 p. m.	40	337
1:00 p. m.	2:00 p. m.	51	180
2:00 p. m.	3:00 p. m.	40	206
3:00 p. m.	4:00 p. m.	39	269
4:00 p. m.	5:00 p. m.	45	297
5:00 p. m.	6:00 p. m.	39	312

Tabla 1. Estación 1. Aforo Vehicular Lunes 6 de enero de 2020.





ESTACION N° 2			
HORA INICIO	HORA FIN		
6:00 a. m.	7:00 a. m.	235	180
7:00 a. m.	8:00 a. m.	250	210
8:00 a. m.	9:00 a. m.	150	117
9:00 a. m.	10:00 a. m.	62	29
10:00 a. m.	11:00 a. m.	210	210
11:00 a. m.	12:00 p. m.	207	145
12:00 p. m.	1:00 p. m.	280	223
1:00 p. m.	2:00 p. m.	255	240
2:00 p. m.	3:00 p. m.	200	160
3:00 p. m.	4:00 p. m.	245	205
4:00 p. m.	5:00 p. m.	260	190
5:00 p. m.	6:00 p. m.	250	175

Tabla 2. Estación 2. Aforo Vehicular Lunes 6 de enero de 2020.



En las tablas ya mostradas se puede observar la cantidad de vehículos obtenidos el lunes 06 de enero sin hacer ningún tipo de clasificatoria, tanto en la mañana como en la tarde; a continuación se muestra una tabla de datos organizada con un intervalo de 15 minutos en el conteo del aforo vehicular para el mismo día.



ESTACION Nº 1			
HORA INICIO	HORA FIN		
6:00 a. m.	6:15 a. m.	5	50
6:15 a. m.	6:30 a. m.	6	75
6:30 a. m.	6:45 a. m.	10	85
6:45 a. m.	7:00 a. m.	11	115
7:00 a. m.	7:15 a. m.	15	130
7:15 a. m.	7:30 a. m.	7	105
7:30 a. m.	7:45 a. m.	6	65
7:45 a. m.	8:00 a. m.	7	60
8:00 a. m.	8:15 a. m.	8	50
8:15 a. m.	8:30 a. m.	7	55
8:30 a. m.	8:45 a. m.	6	95
8:45 a. m.	9:00 a. m.	10	110
9:00 a. m.	9:15 a. m.	14	120
9:15 a. m.	9:30 a. m.	9	110
9:30 a. m.	9:45 a. m.	6	70
9:45 a. m.	10:00 a. m.	7	55
10:00 a. m.	10:15 a. m.	9	50
10:15 a. m.	10:30 p. m.	11	90
10:30 p. m.	10:45 a. m.	9	80
10:45 a. m.	11:00 a. m.	6	50



11:00 a. m.	11:15 a. m.	5	25
11:15 a. m.	11:30 a. m.	7	35
11:30 a. m.	11:45 a. m.	9	45
11:45 a. m.	12:00 p. m.	14	75
12:00 p. m.	12:15 p. m.	10	80
12:15 p. m.	12:30 p. m.	9	120
12:30 p. m.	12:45 p. m.	11	77
12:45 p. m.	1:00 p. m.	10	60
1:00 p. m.	1:15 p. m.	12	45
1:15 p. m.	1:30 p. m.	15	30
1:30 p. m.	1:45 p. m.	17	40
1:45 p. m.	2:00 p. m.	7	65
2:00 p. m.	2:15 p. m.	8	45
2:15 p. m.	2:30 p. m.	11	50
2:30 p. m.	2:45 p. m.	13	45
2:45 p. m.	3:00 p. m.	8	66
3:00 p. m.	3:15 p. m.	8	60
3:15 p. m.	3:30 p. m.	10	55
3:30 p. m.	3:45 p. m.	12	70
3:45 p. m.	4:00 p. m.	9	84
4:00 p. m.	4:15 p. m.	13	80
4:15 p. m.	4:30 p. m.	10	50
4:30 p. m.	4:45 p. m.	14	60
4:45 p. m.	5:00 p. m.	8	107
5:00 p. m.	5:15 p. m.	9	105
5:15 p. m.	5:30 p. m.	10	77
5:30 p. m.	5:45 p. m.	13	70
5:45 p. m.	6:00 p. m.	7	60

Tabla 5. Estación 1, Lunes 06, intervalos de 15 minutos.

ESTACION Nº 2			
HORA INICIO	HORA FIN		
6:00 a. m.	6:15 a. m.	50	30
6:15 a. m.	6:30 a. m.	55	40
6:30 a. m.	6:45 a. m.	60	50
6:45 a. m.	7:00 a. m.	70	60
7:00 a. m.	7:15 a. m.	75	55
7:15 a. m.	7:30 a. m.	110	70
7:30 a. m.	7:45 a. m.	40	50
7:45 a. m.	8:00 a. m.	25	35
8:00 a. m.	8:15 a. m.	35	45
8:15 a. m.	8:30 a. m.	55	30
8:30 a. m.	8:45 a. m.	35	25
8:45 a. m.	9:00 a. m.	25	17
9:00 a. m.	9:15 a. m.	11	3
9:15 a. m.	9:30 a. m.	10	7
9:30 a. m.	9:45 a. m.	9	4
9:45 a. m.	10:00 a. m.	30	15
10:00 a. m.	10:15 a. m.	55	45
10:15 a. m.	10:30 p. m.	40	50
10:30 p. m.	10:45 a. m.	70	60
10:45 a. m.	11:00 a. m.	45	55

11:00 a. m.	11:15 a. m.	55	35
11:15 a. m.	11:30 a. m.	40	30
11:30 a. m.	11:45 a. m.	35	45
11:45 a. m.	12:00 p. m.	77	55
12:00 p. m.	12:15 p. m.	90	45
12:15 p. m.	12:30 p. m.	65	60
12:30 p. m.	12:45 p. m.	50	35
12:45 p. m.	1:00 p. m.	75	83
1:00 p. m.	1:15 p. m.	65	85
1:15 p. m.	1:30 p. m.	80	60
1:30 p. m.	1:45 p. m.	70	55
1:45 p. m.	2:00 p. m.	40	40
2:00 p. m.	2:15 p. m.	45	30
2:15 p. m.	2:30 p. m.	30	25
2:30 p. m.	2:45 p. m.	50	45
2:45 p. m.	3:00 p. m.	75	60
3:00 p. m.	3:15 p. m.	70	65
3:15 p. m.	3:30 p. m.	50	70
3:30 p. m.	3:45 p. m.	35	55
3:45 p. m.	4:00 p. m.	90	15
4:00 p. m.	4:15 p. m.	85	40
4:15 p. m.	4:30 p. m.	60	55
4:30 p. m.	4:45 p. m.	50	50
4:45 p. m.	5:00 p. m.	65	45
5:00 p. m.	5:15 p. m.	80	55
5:15 p. m.	5:30 p. m.	50	30
5:30 p. m.	5:45 p. m.	55	45
5:45 p. m.	6:00 p. m.	65	45




Tabla 6. Estación 2, Lunes 06, intervalos de 15 minutos.

ESTACION Nº 3			
HORA INICIO	HORA FIN		
6:00 a. m.	6:15 a. m.	65	10
6:15 a. m.	6:30 a. m.	90	20
6:30 a. m.	6:45 a. m.	95	23
6:45 a. m.	7:00 a. m.	95	25
7:00 a. m.	7:15 a. m.	105	30
7:15 a. m.	7:30 a. m.	85	25
7:30 a. m.	7:45 a. m.	95	15
7:45 a. m.	8:00 a. m.	85	17
8:00 a. m.	8:15 a. m.	45	10
8:15 a. m.	8:30 a. m.	60	8
8:30 a. m.	8:45 a. m.	80	12
8:45 a. m.	9:00 a. m.	95	15
9:00 a. m.	9:15 a. m.	20	2
9:15 a. m.	9:30 a. m.	9	6
9:30 a. m.	9:45 a. m.	15	1
9:45 a. m.	10:00 a. m.	7	4
10:00 a. m.	10:15 a. m.	60	15
10:15 a. m.	10:30 p. m.	80	18
10:30 p. m.	10:45 a. m.	95	20
10:45 a. m.	11:00 a. m.	100	12

11:00 a. m.	11:15 a. m.	55	18
11:15 a. m.	11:30 a. m.	25	5
11:30 a. m.	11:45 a. m.	20	9
11:45 a. m.	12:00 p. m.	80	8
12:00 p. m.	12:15 p. m.	70	25
12:15 p. m.	12:30 p. m.	105	10
12:30 p. m.	12:45 p. m.	115	20
12:45 p. m.	1:00 p. m.	100	40
1:00 p. m.	1:15 p. m.	95	45
1:15 p. m.	1:30 p. m.	100	20
1:30 p. m.	1:45 p. m.	80	30
1:45 p. m.	2:00 p. m.	90	20
2:00 p. m.	2:15 p. m.	70	15
2:15 p. m.	2:30 p. m.	60	25
2:30 p. m.	2:45 p. m.	53	20
2:45 p. m.	3:00 p. m.	65	28
3:00 p. m.	3:15 p. m.	40	15
3:15 p. m.	3:30 p. m.	45	10
3:30 p. m.	3:45 p. m.	40	5
3:45 p. m.	4:00 p. m.	60	10

4:00 p. m.	4:15 p. m.	85	15
4:15 p. m.	4:30 p. m.	95	20
4:30 p. m.	4:45 p. m.	90	10
4:45 p. m.	5:00 p. m.	95	7
5:00 p. m.	5:15 p. m.	45	12
5:15 p. m.	5:30 p. m.	50	15
5:30 p. m.	5:45 p. m.	85	8
5:45 p. m.	6:00 p. m.	90	9

Tabla 7. Estación 3, Lunes 06, intervalos de 15 minutos.

ESTACION Nº 4				
HORA INICIO	HORA FIN			
6:00 a. m.	6:15 a. m.	40	8	6
6:15 a. m.	6:30 a. m.	30	6	9
6:30 a. m.	6:45 a. m.	70	4	10
6:45 a. m.	7:00 a. m.	90	12	11
7:00 a. m.	7:15 a. m.	80	15	13
7:15 a. m.	7:30 a. m.	70	10	8
7:30 a. m.	7:45 a. m.	55	8	9
7:45 a. m.	8:00 a. m.	45	7	12
8:00 a. m.	8:15 a. m.	30	9	19
8:15 a. m.	8:30 a. m.	40	6	24
8:30 a. m.	8:45 a. m.	48	7	14
8:45 a. m.	9:00 a. m.	55	10	12
9:00 a. m.	9:15 a. m.	35	8	8
9:15 a. m.	9:30 a. m.	20	9	15
9:30 a. m.	9:45 a. m.	30	11	13
9:45 a. m.	10:00 a. m.	15	7	14
10:00 a. m.	10:15 a. m.	25	13	10
10:15 a. m.	10:30 p. m.	35	12	12
10:30 p. m.	10:45 a. m.	40	17	13
10:45 a. m.	11:00 a. m.	60	11	15

11:00 a. m.	11:15 a. m.	45	5	25
11:15 a. m.	11:30 a. m.	35	8	20
11:30 a. m.	11:45 a. m.	42	14	16
11:45 a. m.	12:00 p. m.	20	13	9
12:00 p. m.	12:15 p. m.	50	6	18
12:15 p. m.	12:30 p. m.	60	10	16
12:30 p. m.	12:45 p. m.	55	13	9
12:45 p. m.	1:00 p. m.	98	11	7
1:00 p. m.	1:15 p. m.	85	9	10
1:15 p. m.	1:30 p. m.	60	12	9
1:30 p. m.	1:45 p. m.	65	11	11
1:45 p. m.	2:00 p. m.	45	8	5
2:00 p. m.	2:15 p. m.	30	13	19
2:15 p. m.	2:30 p. m.	65	7	17
2:30 p. m.	2:45 p. m.	50	12	10
2:45 p. m.	3:00 p. m.	60	8	14
3:00 p. m.	3:15 p. m.	45	15	15
3:15 p. m.	3:30 p. m.	55	9	9
3:30 p. m.	3:45 p. m.	35	11	8
3:45 p. m.	4:00 p. m.	80	10	13

4:00 p. m.	4:15 p. m.	85	18	20
4:15 p. m.	4:30 p. m.	60	19	15
4:30 p. m.	4:45 p. m.	55	12	11
4:45 p. m.	5:00 p. m.	35	8	9
5:00 p. m.	5:15 p. m.	40	9	9
5:15 p. m.	5:30 p. m.	35	8	12
5:30 p. m.	5:45 p. m.	65	11	11
5:45 p. m.	6:00 p. m.	75	7	7

Tabla 8. Estación 4, Lunes 06, intervalos de 15 minutos.

**Segundo día, Martes 07 de enero de 2020.-** En esta etapa de conteo, el observador solo tomó en cuenta la hora en la mañana con mayor número de vehículos y la hora en la tarde que presente las mismas características, repitiendo el mismo intervalo de separación de 15 minutos entre horas, y por el resto de la semana hasta culminar el día Viernes, las estaciones seguirán siendo las mismas durante todo el tiempo de observación, sin tomar en cuenta la semaforización ni la tipología:

ESTACION N° 1			
HORA INICIO	HORA FIN		
7:00 a. m.	7:15 a. m.	12	75
7:15 a. m.	7:30 a. m.	8	115
7:30 a. m.	7:45 a. m.	11	100
7:45 a. m.	8:00 a. m.	9	70
12:00 p. m.	12:15 p. m.	8	60
12:15 p. m.	12:30 p. m.	11	55
12:30 p. m.	12:45 p. m.	9	95
12:45 p. m.	1:00 p. m.	22	140

Tabla 9. Estación 1, Aforo Vehicular Martes 7 de 2020.

ESTACION N° 2			
HORA INICIO	HORA FIN		
7:00 a. m.	7:15 a. m.	75	65
7:15 a. m.	7:30 a. m.	90	40
7:30 a. m.	7:45 a. m.	55	60
7:45 a. m.	8:00 a. m.	30	45
12:00 p. m.	12:15 p. m.	35	50
12:15 p. m.	12:30 p. m.	75	40
12:30 p. m.	12:45 p. m.	60	65
12:45 p. m.	1:00 p. m.	120	68

Tabla 10. Estación 2, Aforo Vehicular Martes 7 de 2020.

ESTACION N° 3			
HORA INICIO	HORA FIN		
7:00 a. m.	7:15 a. m.	120	35
7:15 a. m.	7:30 a. m.	90	17
7:30 a. m.	7:45 a. m.	95	19
7:45 a. m.	8:00 a. m.	65	16
12:00 p. m.	12:15 p. m.	80	25
12:15 p. m.	12:30 p. m.	60	17
12:30 p. m.	12:45 p. m.	100	19
12:45 p. m.	1:00 p. m.	150	34

Tabla 11. Estación 3, Aforo Vehicular Martes 7 de 2020.

ESTACION N° 4				
HORA INICIO	HORA FIN			
7:00 a. m.	7:15 a. m.	90	15	16
7:15 a. m.	7:30 a. m.	70	7	5
7:30 a. m.	7:45 a. m.	55	5	11
7:45 a. m.	8:00 a. m.	35	13	10
12:00 p. m.	12:15 p. m.	43	7	8
12:15 p. m.	12:30 p. m.	50	8	7
12:30 p. m.	12:45 p. m.	65	5	13
12:45 p. m.	1:00 p. m.	105	20	22

Tabla 12. Estación 4, Aforo Vehicular Martes 7 de 2020.

**Tercer día, miércoles 8 de enero de 2020.-** El tercer día empezó el miércoles 8 de enero de 2020 con el aforo de volumen vehicular siguiendo el mismo esquema que el día previo, se procedió a analizar solo las dos horas que presentan mayor tráfico.

ESTACION N° 1			
HORA INICIO	HORA FIN		
<b>7:00 a. m.</b>	7:15 a. m.	15	115
7:15 a. m.	7:30 a. m.	7	90
7:30 a. m.	7:45 a. m.	5	70
7:45 a. m.	<b>8:00 a. m.</b>	3	65
<b>12:00 p. m.</b>	12:15 p. m.	8	75
12:15 p. m.	12:30 p. m.	10	60
12:30 p. m.	12:45 p. m.	17	105
12:45 p. m.	<b>1:00 p. m.</b>	25	120

Tabla 13. Estación 1 Aforo Vehicular Miércoles 8 de 2020.

ESTACION N° 2			
HORA INICIO	HORA FIN		
<b>7:00 a. m.</b>	7:15 a. m.	70	55
7:15 a. m.	7:30 a. m.	65	60
7:30 a. m.	7:45 a. m.	60	55
7:45 a. m.	<b>8:00 a. m.</b>	35	45
<b>12:00 p. m.</b>	12:15 p. m.	30	40
12:15 p. m.	12:30 p. m.	40	60
12:30 p. m.	12:45 p. m.	120	80
12:45 p. m.	<b>1:00 p. m.</b>	110	70

Tabla 14. Estación 2, Aforo Vehicular Miércoles 8 de 2020.

ESTACION N° 3			
HORA INICIO	HORA FIN		
<b>7:00 a. m.</b>	7:15 a. m.	140	30
7:15 a. m.	7:30 a. m.	120	25
7:30 a. m.	7:45 a. m.	75	30
7:45 a. m.	<b>8:00 a. m.</b>	65	15
<b>12:00 p. m.</b>	12:15 p. m.	155	40
12:15 p. m.	12:30 p. m.	50	25
12:30 p. m.	12:45 p. m.	70	15
12:45 p. m.	<b>1:00 p. m.</b>	145	40

Tabla 15 Estación 3, Aforo Vehicular Miércoles 8 de 2020.

ESTACION N° 4				
HORA INICIO	HORA FIN			
<b>7:00 a. m.</b>	7:15 a. m.	90	15	29
7:15 a. m.	7:30 a. m.	70	14	15
7:30 a. m.	7:45 a. m.	45	11	17
7:45 a. m.	<b>8:00 a. m.</b>	55	10	13
<b>12:00 p. m.</b>	12:15 p. m.	65	9	7
12:15 p. m.	12:30 p. m.	80	11	10
12:30 p. m.	12:45 p. m.	50	13	13
12:45 p. m.	<b>1:00 p. m.</b>	70	17	20

Tabla 16 Estación 4, Aforo Vehicular Miércoles 8 de 2020.

**Cuarto día, Jueves 9 de enero de 2020.-** El cuarto día empezó el jueves 9 de enero de 2020 con el aforo de volumen vehicular siguiendo el mismo esquema que el día previo, se procedió a analizar solo las dos horas que presentan mayor tráfico.

ESTACION N° 1			
HORA INICIO	HORA FIN		
<b>7:00 a. m.</b>	7:15 a. m.	11	115
7:15 a. m.	7:30 a. m.	8	110
7:30 a. m.	7:45 a. m.	6	75
7:45 a. m.	<b>8:00 a. m.</b>	5	65
<b>12:00 p. m.</b>	12:15 p. m.	8	70
12:15 p. m.	12:30 p. m.	11	65
12:30 p. m.	12:45 p. m.	11	90
12:45 p. m.	<b>1:00 p. m.</b>	15	130

Tabla 17. Estación 1, Aforo Vehicular Jueves 9 de Enero de 2020.

ESTACION N° 2			
HORA INICIO	HORA FIN		
<b>7:00 a. m.</b>	7:15 a. m.	65	65
7:15 a. m.	7:30 a. m.	50	45
7:30 a. m.	7:45 a. m.	70	35
7:45 a. m.	<b>8:00 a. m.</b>	55	50
<b>12:00 p. m.</b>	12:15 p. m.	70	45
12:15 p. m.	12:30 p. m.	60	50
12:30 p. m.	12:45 p. m.	75	65
12:45 p. m.	<b>1:00 p. m.</b>	80	70

Tabla 18 Estación 2, Aforo Vehicular Jueves 9 de Enero de 2020.

ESTACION N° 3			
HORA INICIO	HORA FIN	←	↶
7:00 a. m.	7:15 a. m.	105	30
7:15 a. m.	7:30 a. m.	95	23
7:30 a. m.	7:45 a. m.	75	17
7:45 a. m.	8:00 a. m.	65	15
12:00 p. m.	12:15 p. m.	85	15
12:15 p. m.	12:30 p. m.	60	10
12:30 p. m.	12:45 p. m.	100	25
12:45 p. m.	1:00 p. m.	130	30

Tabla 19. Estación 3, Aforo Vehicular Jueves 9 de Enero de 2020.

ESTACION N° 4				
HORA INICIO	HORA FIN	↑	↶	↷
7:00 a. m.	7:15 a. m.	95	15	23
7:15 a. m.	7:30 a. m.	55	20	10
7:30 a. m.	7:45 a. m.	40	9	12
7:45 a. m.	8:00 a. m.	65	11	15
12:00 p. m.	12:15 p. m.	65	10	19
12:15 p. m.	12:30 p. m.	40	9	15
12:30 p. m.	12:45 p. m.	70	12	20
12:45 p. m.	1:00 p. m.	105	24	21

Tabla 20. Estación 4, Aforo Vehicular Jueves 9 de Enero de 2020.

**Quinto día, Viernes 10 de enero de 2020.-** El quinto día empezó el jueves 10 de enero de 2020 con el aforo de volumen vehicular siguiendo el mismo esquema que el día previo, se procedió a analizar solo las dos horas que presentan mayor tráfico.

ESTACION N° 1			
HORA INICIO	HORA FIN	↷	↶
7:00 a. m.	7:15 a. m.	11	125
7:15 a. m.	7:30 a. m.	9	105
7:30 a. m.	7:45 a. m.	5	85
7:45 a. m.	8:00 a. m.	10	45
12:00 p. m.	12:15 p. m.	8	75
12:15 p. m.	12:30 p. m.	9	80
12:30 p. m.	12:45 p. m.	10	70
12:45 p. m.	1:00 p. m.	13	112

Tabla 21. Estación 2, Aforo Vehicular Viernes 10 de Enero de 2020.

ESTACION N° 2			
HORA INICIO	HORA FIN	→	↶
7:00 a. m.	7:15 a. m.	65	75
7:15 a. m.	7:30 a. m.	70	60
7:30 a. m.	7:45 a. m.	50	45
7:45 a. m.	8:00 a. m.	65	30
12:00 p. m.	12:15 p. m.	65	55
12:15 p. m.	12:30 p. m.	60	50
12:30 p. m.	12:45 p. m.	65	45
12:45 p. m.	1:00 p. m.	90	70

Tabla 22. Estación 1, Aforo Vehicular Viernes 10 de Enero de 2020.

ESTACION N° 3			
HORA INICIO	HORA FIN	←	↶
7:00 a. m.	7:15 a. m.	110	25
7:15 a. m.	7:30 a. m.	110	30
7:30 a. m.	7:45 a. m.	80	15
7:45 a. m.	8:00 a. m.	70	17
12:00 p. m.	12:15 p. m.	90	15
12:15 p. m.	12:30 p. m.	80	20
12:30 p. m.	12:45 p. m.	115	25
12:45 p. m.	1:00 p. m.	105	35

Tabla 23. Estación 4, Aforo Vehicular Viernes 10 de Enero de 2020.

ESTACION N° 4				
HORA INICIO	HORA FIN	↑	↶	↷
7:00 AM	7:15 AM	75	15	18
7:15 AM	7:30 AM	70	15	15
7:30 AM	7:45 AM	65	12	12
7:45 AM	8:00 AM	50	9	7
12:00 PM	12:15 PM	78	11	14
12:15 PM	12:30 PM	75	14	15
12:30 PM	12:45 PM	80	14	19
12:45 PM	1:00 PM	63	20	22

Tabla 24. Estación 4, Aforo Vehicular Viernes 10 de Enero de 2020.

## 2.4.2. Tiempos de semaforización.

A continuación, se muestra los datos que los observadores tomaron de los semáforos que intervienen dentro de la intersección, diferenciando un tiempo para el cambio de verde a naranja y otro tiempo de rojo a verde; en total se tomaron 5 muestras para elaborar un tiempo promedio de duración de semáforos.

SEMAFORO ESTACIÓN 1			SEMAFORO ESTACIÓN 2		
Tiempo N°	Verde	Rojo	Tiempo N°	Verde	Rojo
1	26	74	1	30	70
2	25	75	2	28	72
3	25	75	3	32	70
4	24	76	4	29	69
5	25	75	5	31	69
MEDIA:	25	75	MEDIA:	30	70

SEMAFORO ESTACIÓN 3			SEMAFORO ESTACIÓN 4			
Tiempo N°	Verde	Rojo	Tiempo N°	Verde	Rojo	Verde
1	30	70	1	30	55	15
2	29	69	2	29	56	16
3	32	69	3	31	55	15
4	29	72	4	30	55	15
5	30	70	5	30	54	14
MEDIA:	30	70	MEDIA:	30	55	15

Tabla 25. Tiempo de semaforización de la intersección.

## 2.5. Resultados

### 2.5.1. Determinación de horas que representan mayor número de flujo vehicular.

Mediante la tabulación y representación de los datos en gráficos, se pudo determinar los periodos de tiempo en el cual se llega a tener un nivel máximo de vehículos que transitan por la intersección de las Avenidas ya mencionadas durante el primer día de conteo, se observa que en la mañana la hora que refleja mayor número de vehículos es de 7h00 a.m. a 8h00 a.m.; y en la tarde de 12h00 p.m. a 13h00 p.m.

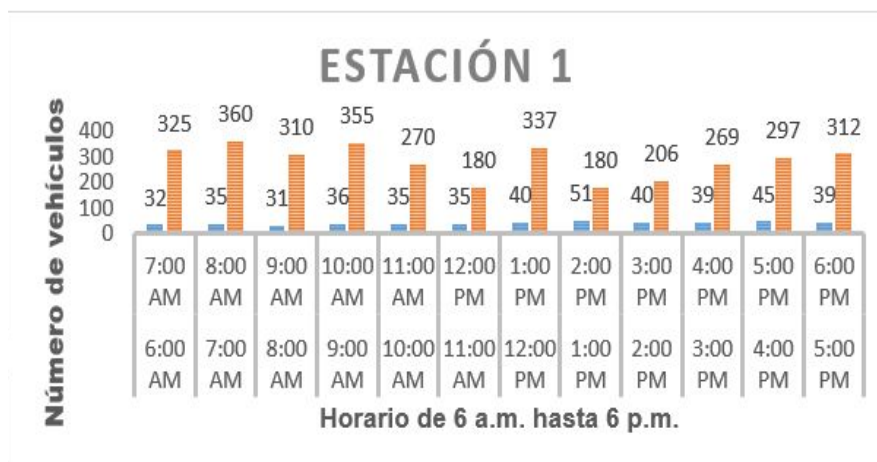


Ilustración 5. Gráfica de estación 1. Lunes 6 de Enero de 2020.

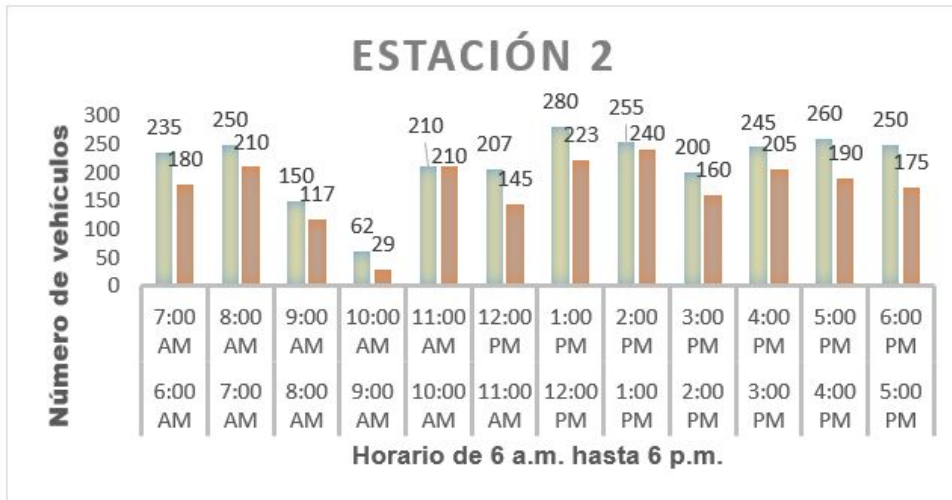


Ilustración 6. Gráfica de estación 2. Lunes 6 de Enero de 2020.

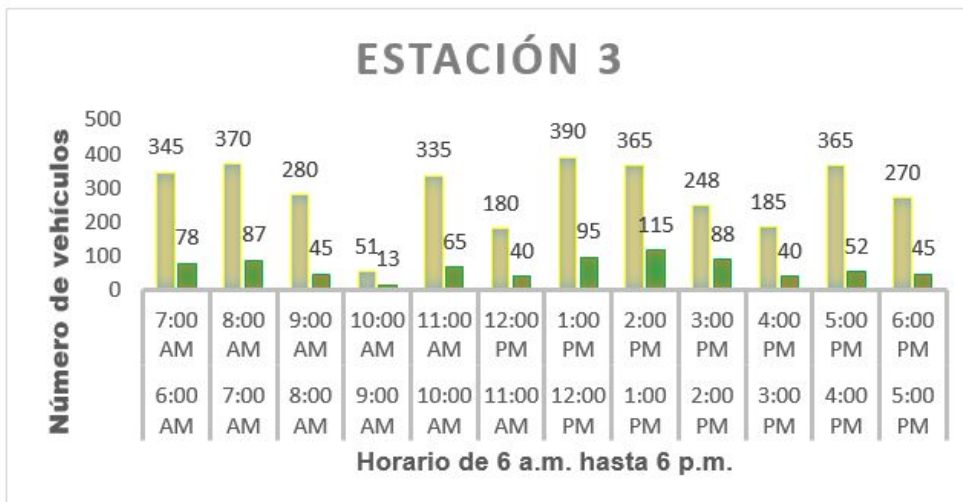


Ilustración 7. Gráfica de estación 3. Lunes 6 de Enero de 2020.

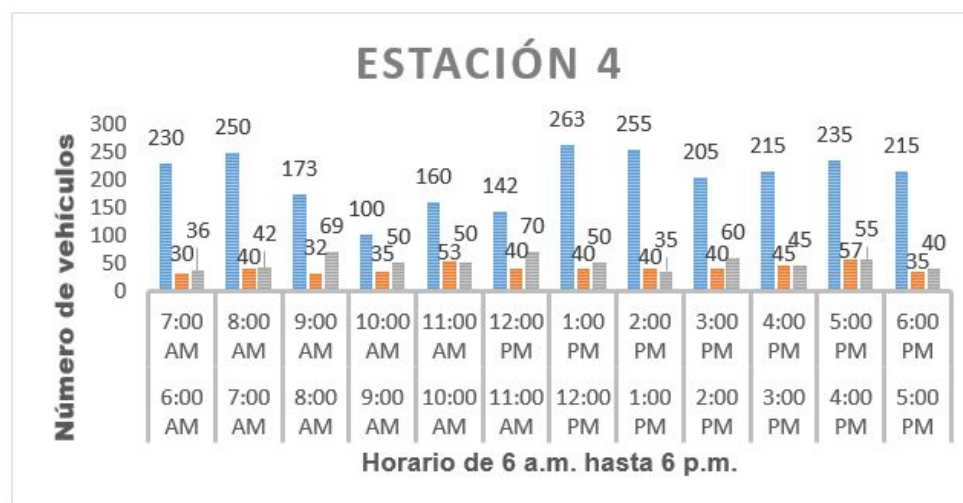


Ilustración 8. Gráfica de estación 4. Lunes 6 de Enero de 2020.

### 2.5.2. Determinación del número máximo de vehículos por estación.

Mediante el método gráfico en Excel se determinó cual es el número máximo de vehículos por cada estación y en cada dirección de carril durante una semana de estudio, sin tener en cuenta la tipología de los vehículos que circularon, demostrando que el mayor valor del aforo vehicular coincide con las “horas pico” delimitadas durante el primer día de conteo de datos.

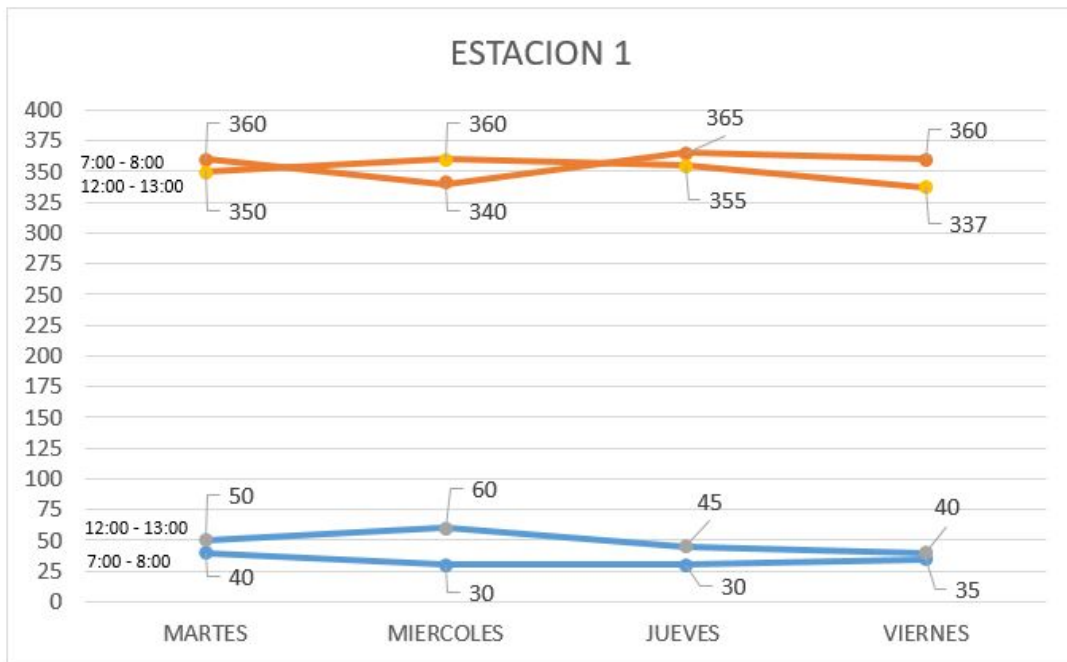


Ilustración 9. Comparación de datos de la Estación 1.

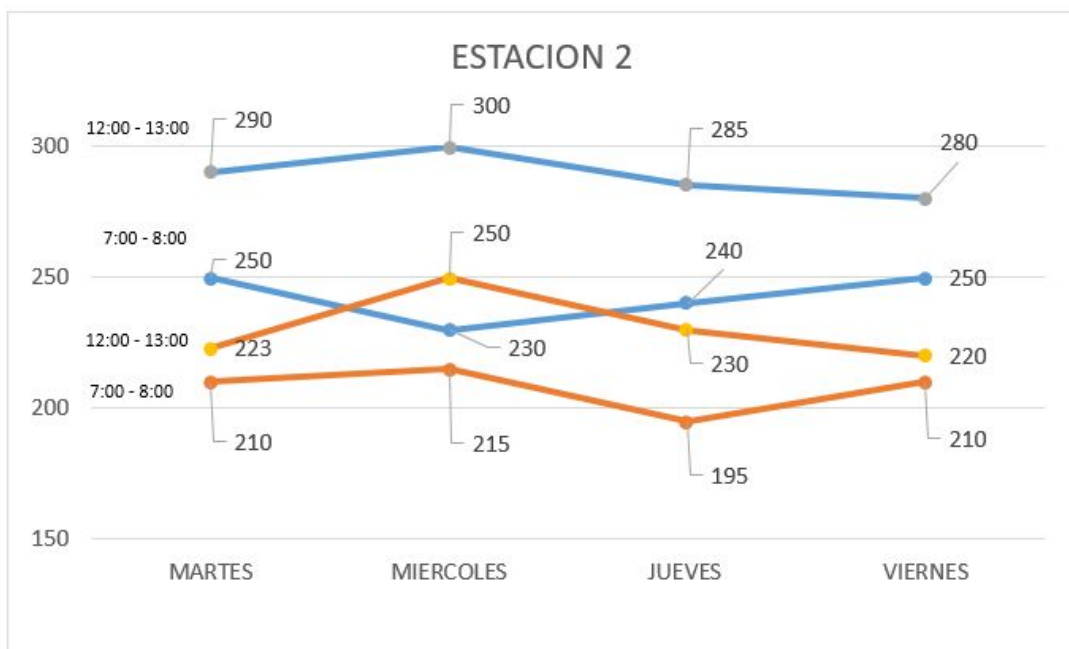


Ilustración 10. Comparación de datos de la Estación 2.



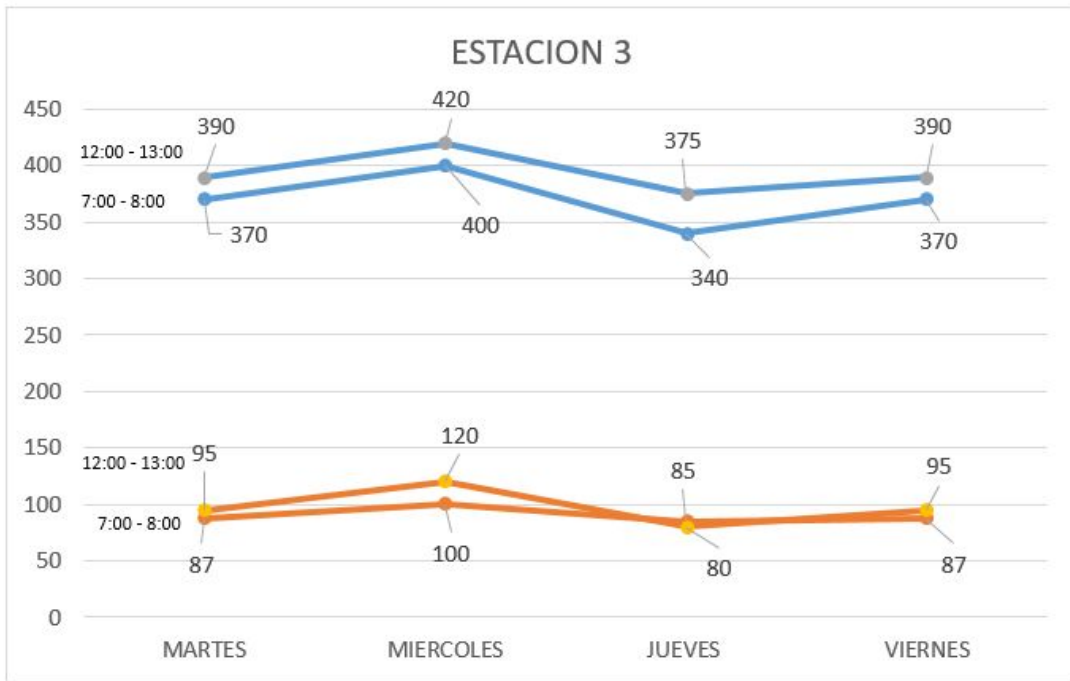


Ilustración 11. Comparación de datos de la Estación 3.

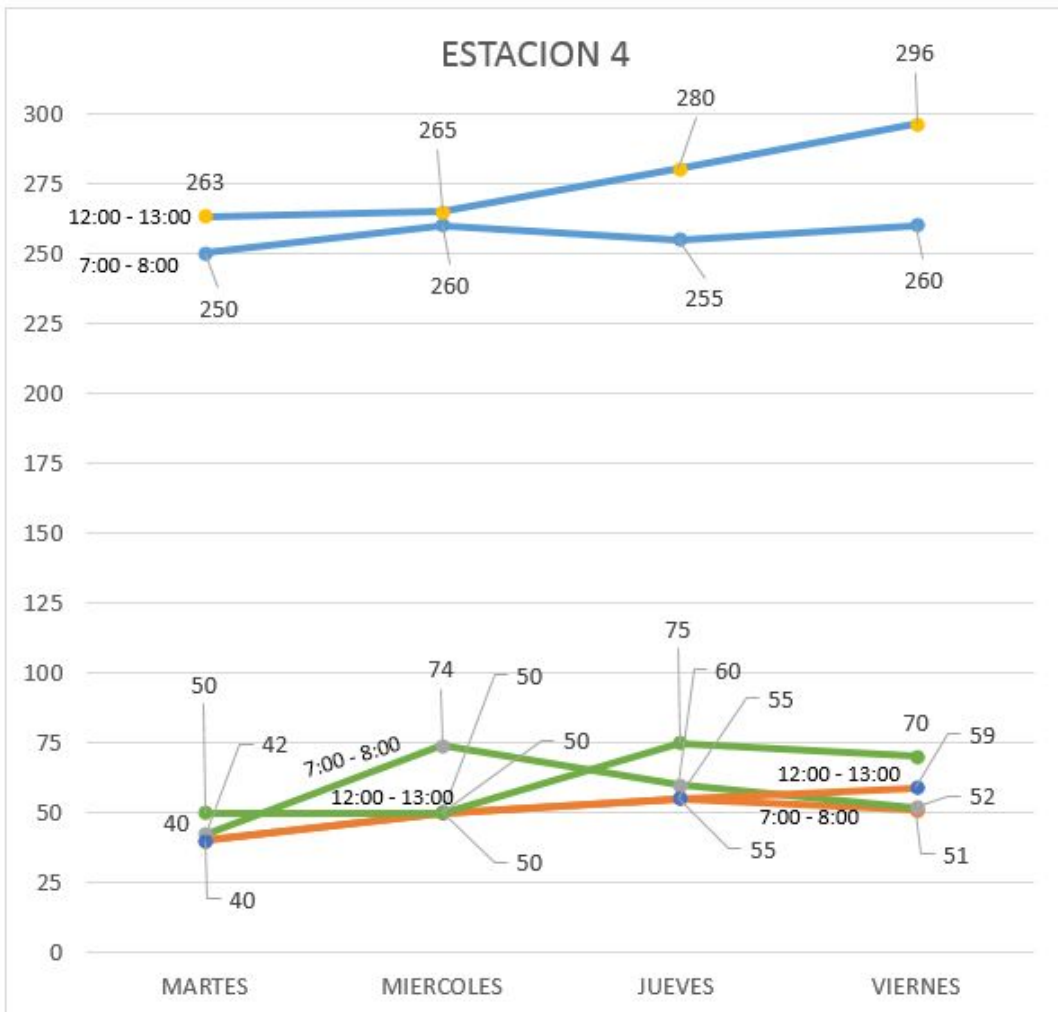


Ilustración 12. Comparación de datos de la Estación 4.

De los datos obtenidos en el aforo de campo se obtuvieron los siguientes valores para cada estación que se sometió a análisis, teniendo en cuenta que se estudió de forma independiente la dirección de cada carril y corroborando que los valores máximos se encuentran dentro de las “horas pico” que detectamos durante el primer día de conteo vehicular, se obtiene la siguiente tabla:

GIRO HORA	ESTACION 1		ESTACION 2		ESTACION 3		ESTACION 4		
	↶	↷	➡	↶	➡	↶	⬆	↷	↶
7:00 – 8:00		365							
12:00 – 13:00	60		300	250	420	120	296	59	75

Tabla 26. Volumen máximo de vehículos por Estación.

### 2.5.3. Determinación de niveles de servicio de la vía Pajonal.

Con los valores que se obtuvieron del máximo volumen de vehículos que transitan por las diferentes estaciones, y con los tiempos de semáforos ya establecidos y promediados, se procedió a registrar dichos datos dentro del programa de modelación Synchro 8; determinamos los niveles de servicio que posee cada y en base a esto se realizó las correcciones necesarias en la semaforización.



Ilustración 13. Volúmenes de vehículos en Synchro 8

Ingresando los valores de los semáforos obtenidos en la Ilustración 27. Se procede a correr la simulación del programa obteniendo los niveles de servicio para las vías sujetas al estudio; encontrando como única solución el mejoramiento de la distribución de los tiempos de semáforos.



Ilustración 14. Niveles de servicio.

Se analizó los tiempos que tardan los semáforos en realizar sus cambios de dirección se determinó que el ciclo que cumple en realizar un periodo de cambio es de 100 segundos en el cual se observó que la Av. Pajonal presenta sus tiempos de intermitencia enlazados con los mismos tiempos a excepción del carril que va de la Av. Arizaga hacia la Av. Pajonal por la izquierda que tiene un tiempo compartido de 15 segundos, la Av. Pajonal presenta una fase individual y la Av. Luis Ángel León Morán también tiene su propio tiempo de cambio. Mejorando los tiempos de cambio se obtuvieron los siguientes resultados en los niveles de servicio:

TIEMPOS MEJORADOS

SEMAFORO ESTACIÓN 1		
Tiempo N°	Verde	Rojo
1	50	50

SEMAFORO ESTACIÓN 2		
Tiempo N°	Verde	Rojo
1	50	50

SEMAFORO ESTACIÓN 3		
Tiempo N°	Verde	Rojo
1	50	50

SEMAFORO ESTACIÓN 4		
Tiempo N°	Verde	Rojo
1	50	50

Tabla 27. Tiempos de semáforos redistribuidos.

Se presentó como resultado como resultado la unión de las fases de los semáforos que rigen los movimientos de la intersección teniendo únicamente una fase que coordinada el paso de la Av. Arizaga y otro semáforo que determina el movimiento de la Av. Arizaga y la Av. Luis Ángel León Morán simultáneamente, adelantando los tiempos de circulación de la intersección.



Ilustración 15. Niveles de servicio con tiempos corregidos.

Se observó gracias a la simulación del programa de modelado Synchro 8 que los niveles de servicio de la vía aumentaron considerablemente hasta obtener un nivel de servicio de B de manera general en la intersección y de manera puntual se analizó que el único carril fuera de este rango es el correspondiente a la Av. Pajonal con un nivel C, asumiendo como principal causa el tamaño reducido de la avenida, presentado un solo carril para recibir un tráfico proveniente de la Av. Luis Ángel León Morán y de ambos carriles de la Av. Arizaga.

### 3. Conclusiones

- Como demuestra la investigación, la intersección presentó un alto índice de congestión vehicular debido a la ubicación zonal en donde se encuentra situada, puesto que, la vía principal direcciona el flujo de vehículos hacia el centro de la ciudad y las vías secundarias presentan una hilera de escuelas con bastante demanda de estudiantes; determinamos que al igual que en las vías presentes en el Ecuador las intersecciones presentan una mala distribución en los cambios de color de los semáforos.
- La hora que presenta mayor flujo vehicular en la intersección de la Av. Arizaga, Av. Pajonal y Av. Luis Ángel León Morán es desde las 12h: 00 p.m. hasta las 13h: 00 p.m. generando por ende un mayor índice de congestión vehicular para la intersección mencionada. Mediante este muestreo se determinó también el volumen máximo de vehículos que circulan por cada estación durante los días en que se realizó el estudio y el carril que presenta un mayor número de vehículos que circulan dentro de la vía.
- Se determinó como solución de mejora a la congestión de la intersección sometida a estudio en base al modelado de la vía utilizando el programa Synchro 8 que se debe aumentar los tiempos de semáforos a 50 segundos en color verde para aumentar la movilidad de los vehículos por cada carril,(ver ANEXO N°4) también se propone unir las fases de los semáforos de las Av. Pajonal y Av. Luis Ángel León Morán para quedarnos únicamente con dos tiempos de semáforos, mejorando los niveles de servicio de la intersección en un rango de B, de esta manera se reducirá los tiempos de espera.

#### 4. Bibliografía

- [1] A. Elizondo y T. Hernandez , «Regulación de las emisiones de CO2 para vehículos ligeros en México,» *Gestión y política pública*, vol. XXVII, n° 2, pp. 571-594, 2018.
- [2] N. Herrera, S. Lujan y E. Gómez, «Integración de herramientas para la toma de decisiones en la congestión vehicular,» *DYNA*, vol. 85, n° 205, pp. 363-370, 2018.
- [3] J. C. Jiménez Serpa y M. H. Salas Rondón, «Aplicación de Modelos Econométricos para Estimar la Aceptabilidad de una Tasa por Congestión Vehicular,» *INGE CUC*, vol. 13, n° 2, pp. 60-78, 2017.
- [4] J. García, C. Posada y A. Corrales, «Congestión Vehicular en Medellín: Una Posible Solución desde la Economía (Vehicle Congestion in Medellín: A Possible Solution from the Economic Theory),» *Coyuntura Económica: Investigación Económica y Social*, vol. XLVI, n° 1, pp. 175-207, 2018.
- [5] A. Marlin A., C. A. Gómez, J. Fontalvo y A. J. Gómez, «Análisis de la Movilidad Vehicular en el Departamento de La Guajira usando Simulación. El Caso de Riohacha y Maicao,» *Información Tecnológica*, vol. 30, n° 1, pp. 321-332, 2018.
- [6] M. Bohórquez, D. Martínez, Y. Moreno, N. Villamizar y K. Sanchez, «PRINCIPALES CAUSAS DEL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR EN ALGUNOS SECTORES DEL PERÍMETRO URBANO DE LA CIUDAD DE CÚCUTA,» *Revista Convicciones*, vol. 1, n° 5, pp. 44-49, 2016.
- [7] H. González Fernández , P. Ruiz Caballero y A. Castilla González, «ANÁLISIS FUNCIONAL DE LA INTERSECCIÓN CALVARIO-AGUILERA PARA DISMINUIR LOS RIESGOS DE ACCIDENTES EN LA CIRCULACIÓN VEHICULAR Y PEATONAL,» *Ciencia en su PC*, vol. 1, n° 4, pp. 68-77, 2017.
- [8] C. M. Urbina, A. J. Torres y R. S. Calderón, «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° 1, pp. 66-72, 2019.
- [9] S. Gonzalez, *Transporte público: Función social, integrador de mercados y gestor de desarrollo*, Colombia: Universidad La Gran Colombia, 2017.
- [10] E. J. Oyola, J. C. Berrú, E. A. Romero, L. O. Carrión, F. A. Aguirre y M. A. Tacuri, «Evaluación de la congestión vehicular. Av. Castro Benítez y Vía Pajonal, Machala-Ecuador, año 2016,» *CUMBRES*, vol. 3, n° 1, pp. 135-142, 2016.
- [11] M. Layza y D. Mejía, «Tránsito y congestión vehicular en la contaminación sonora en vías de transporte público,» *Cientifi-k*, vol. 6, n° 1, pp. 30-35, 2018.

# ANEXOS N° 1-LOCALIZACIÓN DE LA INTERSECCIÓN DE LA AV ARIZAGA Y CALLE PAJONAL



ANEXO N° 2-TABLA DE CONTEO DE VEHÍCULOS.

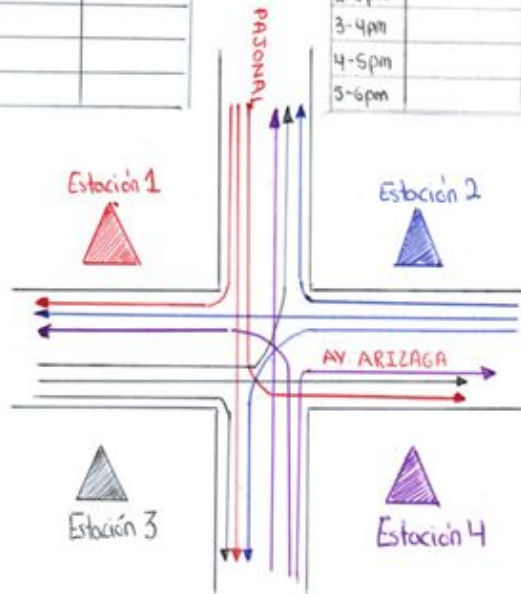
PLANILLA PARA CONTEO VEHICULAR

ESTACIÓN 1

HORA	↓	↘	↙
6-7am			
7-8am			
8-9am			
9-10am			
10-11am			
11-12am			
12-1pm			
1-2pm			
2-3pm			
3-4pm			
4-5pm			
5-6pm			

ESTACIÓN 2

HORA	←	↖	↗
6-7am			
7-8am			
8-9am			
9-10am			
10-11am			
11-12am			
12-1pm			
1-2pm			
2-3pm			
3-4pm			
4-5pm			
5-6pm			



ESTACIÓN 3

HORA	→	↗	↖
6-7am			
7-8am			
8-9am			
9-10am			
10-11am			
11-12am			
12-1pm			
1-2pm			
2-3pm			
3-4pm			
4-5pm			
5-6pm			

ESTACIÓN 4

HORA	↑	↖	↗
6-7am			
7-8am			
8-9am			
9-10am			
10-11am			
11-12am			
12-1pm			
1-2pm			
2-3pm			
3-4pm			
4-5pm			
5-6pm			



ANEXO N° 3: Tabla de datos del conteo vehicular ingresado en el programa Synchro 8.

Synchro 8 - C:\Users\USUARIO-PC\Desktop\synchro 10 de agosto.syn  
 File Edit Transfer Options Optimize Help  
 2 hr 58 min 55 sec / 6 hr 48 min 36 sec  
 HCM 2010  
 3 Av. Pajonal/Av. Luis Angel & Av. Arizaga

LANE SETTINGS												
Lanes and Sharing (#RL)												
Traffic Volume (vph)	0	300	250	120	420	0	365	0	60	59	296	75
Street Name	Av. Arizaga			Av. Arizaga			Av. Pajonal			Av. Luis Angel		
Link Distance (m)	—	260.8	—	—	293.6	—	—	199.0	—	—	163.4	—
Links Speed (km/h)	—	50	—	—	50	—	—	50	—	—	50	—
Set Arterial Name and Speed	—	EB	—	—	WB	—	—	NB	—	—	SB	—
Travel Time (s)	—	18.8	—	—	21.1	—	—	14.3	—	—	11.8	—
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
Grade (%)	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—
Area Type CBD	—	<input type="checkbox"/>	—	—	<input type="checkbox"/>	—	—	<input type="checkbox"/>	—	—	<input type="checkbox"/>	—
Storage Length (m)	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0
Storage Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Right Turn Channelized	—	—	None	—	—	None	—	—	None	—	—	None
Curb Radius (m)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Add Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lane Utilization Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Right Turn Factor	—	0.939	—	—	1.000	—	—	0.981	—	—	0.976	—
Left Turn Factor (prot)	—	1.000	—	—	0.989	—	—	0.959	—	—	0.993	—
Saturated Flow Rate (prot)	—	1749	—	—	1842	—	—	1752	—	—	1805	—
Left Turn Factor (perm)	—	1.000	—	—	0.352	—	—	0.486	—	—	0.866	—
Right Ped Bike Factor	—	1.000	—	—	1.000	—	—	1.000	—	—	1.000	—
Left Ped Factor	—	1.000	—	—	1.000	—	—	1.000	—	—	1.000	—
Saturated Flow Rate (perm)	—	1749	—	—	656	—	—	888	—	—	1574	—
Right Turn on Red?	—	—	<input type="checkbox"/>	—	—	<input type="checkbox"/>	—	—	<input type="checkbox"/>	—	—	<input checked="" type="checkbox"/>
Saturated Flow Rate (RTOR)	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—
Link Is Hidden	—	<input type="checkbox"/>	—	—	<input type="checkbox"/>	—	—	<input type="checkbox"/>	—	—	<input type="checkbox"/>	—
Hide Name in Node Title	—	<input type="checkbox"/>	—	—	<input type="checkbox"/>	—	—	<input type="checkbox"/>	—	—	<input type="checkbox"/>	—

ANEXO N° 4: Distribución de los tiempos de semaforización con los datos tomados en el aforo vehicular.

NODE SETTINGS	TIMING SETTINGS													
	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	PED	HOLD
Node #	Lanes and Sharing (BFL)													
Zone	Traffic Volume (vph)													
X East (m)	Turn Type													
Y North (m)	Protected Phases													
Z Elevation (m)	Permitted Phases													
Description	Detector Phases													
Control Type	Switch Phase													
Cycle Length (s)	Leading Detector (m)													
Lock Timings	Trailing Detector (m)													
Optimize Cycle Length	Minimum Initial (s)													
Optimize Splits	Minimum Split (s)													
Actuated Cycle (s)	Total Split (s)													
Natural Cycle (s)	Yellow Time (s)													
Max v/c Ratio	AllRed Time (s)													
Intersection Delay (s)	Lost Time Adjust (s)													
Intersection LOS	Lagging Phase?													
ICU	Allow Lead/Lag Optimize?													
ICU LOS	Recall Mode													
Offset (s)	Actuated Effct. Green (s)													
Referenced to	Actuated g/C Ratio													
Reference Phase	Volume to Capacity Ratio													
Master Intersector	Control Delay (s)													
Yield Point	Queue Delay (s)													
Mandatory Stop On Yellow	Total Delay (s)													
	Level of Service													
	Approach Delay (s)													

Number of lanes and sharing (B to B, L, R) v/c > 1 Min Ent

ANEXO N° 5: Distribución de los tiempos mejorados de semaforización.

Synchro 8 - C:\Users\USUARIO-PC\Desktop\TITULACION - PRESENTAR\Synchro 8\TRABAJO FINAL MEJORA TIEMPOS.syn

File Edit Transfer Options Optimize Help

0 hr 11 min 7 sec / 3 hr 8 min 40 sec

3 Av Pajonal/Rv. Luis Angel León S Av. Atizapa

NODE SETTINGS		TIMING SETTINGS													
		EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	PED	HOLD
Node #	3	Lanes and Sharing (P/L)													
Zone		Traffic Volume (vph)													
X East (m)	616604.4	0	300	250	120	420	0	365	0	60	59	296	75		
Y North (m)	9638541.5	Turn Type													
Z Elevation (m)	0.0	Protected Phases													
Description		Permitted Phases													
Control Type	Pre timed	Detector Phases													
Cycle Length (s)	100.0	Switch Phase													
Lock Timings	<input type="checkbox"/>	Leading Detector (m)													
Optimize Cycle Length	Optimize	Trailing Detector (m)													
Optimize Splits	Optimize	Minimum Initial (s)													
Actuated Cycle(s)	100.0	Minimum Split (s)													
Natural Cycle(s)	60.0	Total Split (s)													
Max v/c Ratio	0.56	Yellow Time (s)													
Intersection Delay (s)	18.4	All-Red Time (s)													
Intersection LDS	8	Lost Time Adjust (s)													
ICU	0.77	Lagging Phase?													
ICU LDS	0	Allow Lead/Lag Optimize?													
Offset (s)	0.0	Recall Mode													
Referenced to	Begin of Green	Actuated Elitc. Green (s)													
Reference Phase	2 - NBSB	Actuated g/C Ratio													
Master Intersection	<input type="checkbox"/>	Volume to Capacity Ratio													
Yield Point	Single	Control Delay (s)													
Mandatory Stop On Yellow	<input type="checkbox"/>	Queue Delay (s)													
		Total Delay (s)													
		Level of Service													
		Average Delay (s)													

Number of lanes and sharing (l to R, L, R)

Conflict Miss ok