

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE: INGENIERÍA CIVIL



**“ANÁLISIS DE LA CONGESTIÓN VEHICULAR EN CUATRO
PUNTOS CRÍTICOS DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA”**

AUTORES:

Alexandra Verónica Calderón Flores

Vanessa Nataly Samaniego Chimbolema

DIRECTOR:

Ing Fredi Paredes

**DISERTACIÓN DE GRADO PREVIA A LA OBTENCIÓN DE
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

QUITO DM, DICIEMBRE 2022

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedicó a Dios, quien siempre ha estado presente en cada decisión y pasó firme que doy, porque todo lo que soy y a donde voy siempre estará en sus manos haciendo su voluntad.

A mis padres Gustavo Calderón y Alexandra Flores, por siempre luchar a mi lado, por enseñarme que esto no se trataba de competencia más bien era resistencia, por dar todo de ellos sin esperar nada a cambio, por ser mi motor y mi fuerza, por creer en mí, por estar siempre dispuestos a ayudarme y por hacer de mis sueños los suyos.

A mis hermanos Luis Calderón e Isabel Calderón por su amor absoluto, por ser mi ejemplo a seguir y demostrarme que no hay imposibles.

A mi hermana Silvia Calderón y a mi cuñado Alfredo Bastidas por ser mi pilar, por estar a mi lado a lo largo de este proceso, por su preocupación, su apoyo, sus consejos, por tratarme como una hija más, por brindarme su hogar y hacerme parte de su familia, por el amor infinito que me regalan y por ser punto de referencia del ser humano en el que me quiero convertir.

A mis sobrinas Sara y Hannah Calderón, Clarisse y Amelie Bastidas, por llenar mi corazón de amor con sus ocurrencias y detalles, por ese amor tan puro que me dan y por ser los amores de mi vida.

No podían faltar mis compañeros de desvelos, mis Gatitos Yang y Cafú por siempre estar a mi lado y hacer mi vida más bonita.

Alexandra Calderón

DEDICATORIA

Dedico principalmente este trabajo al forjador de mi camino, a mi padre celestial, quien me regala cada día fortaleza, para conseguir las metas que me proponga, cuidando y velando por mis verdaderos intereses.

Con todo mi corazón a mis padres Jhonson Samaniego y Fabiola Chimbolema por su ejemplo de humildad, perseverancia, superación y sacrificio, enseñándome a valorar todo lo que soy y lo que tengo. Por confiar en mi capacidad y siempre ayudarme a seguir adelante sin importar lo difícil o adversa que se vea la situación.

A mi hijo Gaelito por ser mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme en todos los sentidos cada día más y así poder construir un futuro mejor.

A mi sobrina Isabellita, quien junto con Gael nos hacen olvidar de cualquier preocupación o problema con tan solo una sonrisa, una travesura o un momento de diversión.

A mi amado esposo Henry Villa por ser parte de este sueño y ahora una realidad, por creer en mí, brindándome su cariño y comprensión, para forjar juntos una familia llena de amor y valores donde crezca nuestro hijo.

A mis hermanas Jacqueline y Florcita por su amor, paciencia y preocupación que me han brindado, siendo los brazos donde puedo recargarme y nunca sentirme sola.

Vanessa Samaniego

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios por demostrarme día a día que no hay palabra que envíe en su nombre y regrese vacía, por ser la respuesta a cada pregunta, por llenar de luz mi corazón y guiar mis pasos.

A mis padres Gustavo Calderón y Alexandra Flores por ser los principales promotores de mis sueños, por confiar en mí y enseñarme que, con constancia, amor y disciplina, no existen imposibles.

A la Familia Bastidas Calderón por ser el corazón de este proceso, por hacerme parte de su familia, por sus consejos, amor y apoyo incondicional.

A mi hermano Luis Calderón por ser ejemplo de disciplina en mi vida, por enseñarme que independientemente del rumbo que tomen las cosas “Todo va a estar bien”

A mi hermana Isabel Calderón por ser mi mejor amiga, mi ejemplo de fortaleza y mi fan #1.

A mis Sobrinas Sara y Hannah Calderón, Clarisse y Amelie Bastidas por ser mi motivación y llenar mi vida de luz, magia y amor.

A Andrea Morales por siempre estar dispuesta a escucharme y convertirse en una hermana para mí.

A mi compañera de tesis y amiga Vanesa Samaniego por ser parte fundamental de este sueño, por ser mi partner in crime y alcanzar esta meta juntas.

A la Familia Samaniego Chimbolema por acogerme en su hogar y hacerme sentir parte de su familia.

A Juan Pablo Guilcamaigua por siempre estar ahí (tanto en mis buenos como malos días), por todas las risas y momentos compartidos.

A Anabelle Viera por ser mi llamada de emergencia, por confiar en mi potencial y por sentir mis logros como suyos.

A Debbie Ayala por ser un ejemplo de perseverancia y bondad, por siempre estar presta a ayudarme y recordarme constantemente que “brillo con luz propia”

A Israel Ramos, Amelia Montero, Mavel Naveda y Jorge Ortega por recorrer este camino juntos, por los días de estudio, las risas y cada instante que me han regalado.

A mis “Niñas” Yajaira Calderón, Nicole Carrión, Diana Paredes y Nicoles Rivadeneira por seguir a mi lado después de tantos años, por ser la familia que elegí.

Alexandra Calderón

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios quién está en todas las cosas que realizo. Por su amor y bondad que me permiten sonreír ante todos mis logros, que en mis tropiezos me levanta, dándome la oportunidad de aprender de mis errores y ayudándome a mejorar como persona.

A mis padres Jhonson Samaniego y Fabiola Chimbolema por el apoyo y la confianza que han depositado en mí, por sus valores y consejos fundamentales para llevar a cabo este sueño tan anhelado.

A mi hijo Gaelito por llenarme de fortaleza y enseñarme qué los límites nos lo ponemos nosotros mismos, qué cuando hay amor, perseverancia y disciplina todo es posible.

A mi amado esposo Henry Villa por su apoyo incondicional, el amor que me ha impulsado a vencer cualquier obstáculo para lograr nuestras metas y por disfrutar con alegría mis logros como si fueran los suyos.

A mi hermana Jacqueline por su apoyo incondicional, que me ha respaldado durante todos estos años, por sus consejos que supe acoger y practicarlos, pudiendo así superar los obstáculos y malos momentos de la vida.

A mi hermana Florcita y enamorado Jair qué con su compañía, ánimos y buena vibra me han ayudado a sobrellevar este camino lleno de altos y bajos.

A mi sobrina Isabellita por sus ocurrencias y risas que han alegrado mis momentos de estrés, que con su llegada y la de mi Gaelito han hecho crecer no solo a la familia, sino que también el amor y la comprensión en ella.

A mi amiga Alexandra Calderón por impulsarme cuándo sentía que ya no daba más, por acompañarme todos estos años no solo en acontecimientos académicos, sino que también en momentos importantes de mi vida. Por esa amistad pura y sincera que valoro mucho y seguiré procurando.

A la Familia Bastidas Calderón por acogerme en su casa en aquellos días que teníamos que amanecernos haciendo proyectos y trabajos de la universidad.

A Debbie Ayala por estar siempre presta a brindar su ayuda y colaboración, enseñándome que cuando se hace lo que se quiere con amor y perseverancia se es feliz.

A todos mis familiares, amigos y conocidos que, con una sonrisa, una palabra de aliento o simplemente un grato saludo, hicieron de mi vida universitaria una etapa maravillosa.

Vanessa Samaniego

A nuestro Director de tesis el Ing. Fredi Paredes por confiar en nuestro potencial, por su guía, por ser ejemplo de profesionalismo y sumarse a este trabajo de disertación el cual representa un sueño para nosotras.

Al Ing. Lauro Lara Por ser el primero en creer en esto, por su preocupación para que alcancemos con éxito nuestros metas y por siempre estar pendientes de estas guaguas, que con gratitud guardamos en nuestros corazones sus consejos y buenas enseñanzas.

Al Ing. Christian Zaragozin por su ayuda incondicional en el desarrollo de este trabajo, por su ejemplo como buen profesional y buen ser humano, siendo una pauta para nosotras como futuras ingenieras, para practicar con responsabilidad nuestra preciada profesión.

Alexandra Calderón, Vanessa Samaniego

RESUMEN

A medida que pasan los años, el aumento en la población a nivel mundial es inevitable, factor que influye directamente en el crecimiento del parque automotor, afectando el nivel de servicio de las vías, produciéndose congestión vehicular.

La movilidad desempeña un rol fundamental en el desarrollo de la economía de una ciudad, esta permite el traslado de productos de diversas industrias, según información obtenida del Banco Central del Ecuador, se indica que el crecimiento del PIB en el 2021 estuvo relacionado principalmente con el comercio, transporte y manufactura con tasas de 1.1%, 0.9% y 0.4% respectivamente.

El objetivo de esta disertación es analizar la congestión vehicular en cuatro puntos críticos de la ciudad de Riobamba, trabajo que podría servir de base para futuros estudios de congestión, generados en el Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD).

La metodología consiste en identificar 4 intersecciones semaforizadas dentro de la ciudad, las cuales fueron escogidas en base a su ubicación e importancia, para posteriormente realizar aforos manuales durante las horas pico, donde ningún suceso insólito afecte la condición de los datos. Con la información obtenida se procedió a clasificar los vehículos según su tipo y sentido de circulación. Además, se registró los ciclos y fases semafóricas que posee cada intersección.

El análisis se llevó a cabo con la ayuda de un procesador de datos, el Manual de Capacidad de Carreteras HCM 2010 y la metodología de F.V. Webster.

Después del trabajo realizado se constata que existe congestión en las intersecciones estudiadas, puesto que los volúmenes vehiculares superan la capacidad vial.

PALABRAS CLAVE: Parque automotor, nivel de servicio, congestión vehicular, movilidad, intersección semaforizada, hora pico, ciclos semafóricos, fases semafóricas, volumen vehicular, capacidad vial.

ABSTACT

As the years go by, the increase in the world population is inevitable, a factor that directly influences the growth of the automobile fleet, affecting the level of service of the roads, producing vehicular congestion.

Mobility plays a fundamental role in the development of the economy of a city, it allows the transfer of products from various industries, according to information obtained from the Central Bank of Ecuador, it is indicated that the growth of GDP in 2021 was mainly related to the trade, transportation and manufacturing with rates of 1.1%, 0.9% and 0.4% respectively.

The objective of this dissertation is to analyze vehicular congestion in four critical points of the city of Riobamba, work that could serve as a basis for future congestion studies, generated in the Decentralized Autonomous Government (GAD).

The methodology consists of identifying 4 signalized intersections within the city, which were chosen based on their location and importance, to later carry out manual gauging during peak hours, where no unusual event affects the condition of the data. With the information obtained, the vehicles were classified according to their type and direction of movement. In addition, the traffic light cycles and phases of each intersection were recorded.

The analysis was carried out with the help of a data processor, the HCM 2010 Highway Capacity Manual and the F.V. Webster.

After the work carried out, it is verified that there is congestion in the intersections studied, since the vehicle volumes exceed the road capacity.

KEY WORDS: Vehicle fleet, level of service, vehicular congestion, mobility, signalized intersection, rush hour, traffic light cycles, traffic light phases, vehicle volume, road capacity.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	CAPÍTULO I. GENERALIDADES	1
1.1	Introducción.....	1
1.2	Justificación.....	2
1.3	Objetivos	3
1.3.1	Objetivo general	3
1.3.2	Objetivos específicos	3
1.4	Alcance.....	4
2	CAPÍTULO II. CONCEPTUALIZACIÓN DE LA CONGESTIÓN VEHICULAR	5
2.1	Congestión Vehicular	5
2.2	Volúmenes de tráfico.....	5
2.2.1	Tránsito	6
2.2.2	Tráfico vehicular	6
2.2.3	Análisis del flujo vehicular	7
2.3	Intersección semaforizada	7
2.3.1	Semáforos.....	7
2.3.2	Significado de los colores del semáforo.....	8
2.3.3	Fase	8
2.3.4	Ciclo	9
2.4	Tipos de movimientos	9
2.5	Capacidad vial	10

2.6	Nivel de servicio.....	11
2.6.1	Nivel de Servicio A.....	11
2.6.2	Nivel de Servicio B.....	11
2.6.3	Nivel de Servicio C.....	12
2.6.4	Nivel de Servicio D.....	12
2.6.5	Nivel de Servicio E.....	12
2.6.6	Nivel de Servicio F.....	12
3	CAPÍTULO III. MEDICIÓN DE LA CONGESTIÓN	14
3.1	Intersección 1: Av. Leopoldo Freire / Primera Constituyente y Eloy Alfaro....	15
3.1.1	Identificación de tipo de intersección	15
3.1.2	Aforo vehicular	16
3.1.3	Fases.....	17
3.1.4	Semaforización.....	19
3.2	Intersección 2: Av. La Prensa con Av. Daniel León Borja / Av. Canónico Ramos	20
3.2.1	Identificación de tipo de intersección	20
3.2.2	Aforo vehicular	21
3.2.3	Fases.....	22
3.2.4	Semaforización.....	24
3.3	Intersección 3: Av. Pedro Vicente Maldonado y E35 (Sector Media Luna).....	25
3.3.1	Identificación de tipo de intersección	25
3.3.2	Aforo vehicular	26
3.3.3	Fases.....	27

3.3.4	Semaforización.....	28
3.4	Intersección 4: Av. José Antonio de Lizaraburu y Av. Monseñor Leónidas Proaño (By Pass).....	30
3.4.1	Identificación de tipo de intersección	30
3.4.2	Aforo vehicular	31
3.4.3	Fases.....	32
3.4.4	Semaforización.....	34
4	CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	36
4.1	Metodología.....	36
4.1.1	Procedimiento para medir la congestión.....	36
4.1.2	Procedimiento para calcular el flujo de saturación	38
4.1.3	Procedimiento para calcular el ciclo semafórico	48
4.2	Análisis de las intersecciones	51
4.2.1	Intersección 1: Av. Leopoldo Freire / Primera Constituyente y Eloy Alfaro 51	
4.2.2	Intersección 2: Av. La Prensa con Av. Daniel León Borja / Av. Canónico Ramos 61	
4.2.3	Intersección 3: Av. Pedro Vicente Maldonado y E35 (Sector Media Luna) 71	
4.2.4	Intersección 4: Av. José Antonio de Lizaraburu y Av. Monseñor Leónidas Proaño (By Pass).....	81
5	CAPÍTULO V. PLANTEAMIENTO DE POSIBLES SOLUCIONES TEÓRICAS.....	92
6	CAPITULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	97

6.1	Conclusiones	97
6.2	Recomendaciones	98
7	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	99
8	ANEXOS	102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Tipo de movimientos	10
Tabla 2	Detalle de niveles de servicio en calles concéntricas	13
Tabla 3	Aforo vehicular Av. Leopoldo Freire / Primera Constituyente y Eloy Alfaro 07:00-08:00 AM	16
Tabla 4	Aforo vehicular Av. Leopoldo Freire / Primera Constituyente y Eloy Alfaro 12:30-13:30 PM.....	16
Tabla 5	Aforo vehicular Av. Leopoldo Freire / Primera Constituyente y Eloy Alfaro 18:15-19:15 PM.....	17
Tabla 6	Tiempos semafóricos Av. Leopoldo Freire / Primera Constituyente y Eloy Alfaro	19
Tabla 7	Aforo vehicular Av. La Prensa con Av. Daniel León Borja / Av. Canónico Ramos 07:00-08:00 AM.....	21
Tabla 8	Aforo vehicular Av. La Prensa con Av. Daniel León Borja / Av. Canónico Ramos 12:30-13:30 PM	21
Tabla 9	Aforo vehicular Av. La Prensa con Av. Daniel León Borja / Av. Canónico Ramos 18:15-19:15 PM	22
Tabla 10	Tiempos semafóricos Av. La Prensa con Av. Daniel León Borja / Av. Canónico Ramos.....	24

Tabla 11 Aforo vehicular Av. Pedro Vicente Maldonado y E35 (Sector Media Luna) 07:00-08:00 AM.....	26
Tabla 12 Aforo vehicular Av. Pedro Vicente Maldonado y E35 (Sector Media Luna) 12:30-13:30 PM	26
Tabla 13 Aforo vehicular Av. Pedro Vicente Maldonado y E35 (Sector Media Luna) 18:15-19:15 PM	26
Tabla 14 Tiempos semafóricos Av. Pedro Vicente Maldonado y E35 (Sector Media Luna)	29
Tabla 15 Aforo vehicular Av. José Antonio de Lizarzaburu y Av. Monseñor Leónidas Proaño (By Pass) 07:00-08:00 AM.....	31
Tabla 16 Aforo vehicular Av. José Antonio de Lizarzaburu y Av. Monseñor Leónidas Proaño (By Pass) 12:30-13:30 PM.....	31
Tabla 17 Aforo vehicular Av. José Antonio de Lizarzaburu y Av. Monseñor Leónidas Proaño (By Pass) 18:15-19:15 PM.....	32
Tabla 18 Tiempos semafóricos Av. José Antonio de Lizarzaburu y Av. Monseñor Leónidas Proaño (By Pass)	35
Tabla 19 Factor de ajuste por ancho de carriles (fA)	40
Tabla 20 Factor de ajuste por vehículos pesados (fp).....	41
Tabla 21 Factor de ajuste por inclinación del acceso (fi)	42
Tabla 22 Factor de ajuste por estacionamiento (fe).....	43
Tabla 23 Factor de ajuste por tipo de área (far)	43
Tabla 24 Factor de ajuste por bloqueo de buses que paran (fb)	44
Tabla 25 Factor de ajuste por utilización de carriles (fu)	45
Tabla 26 Factor de ajuste por vueltas a la izquierda (fgi)	46

Tabla 27 Factor de ajuste por vueltas a la derecha (<i>Pgd</i>)	48
Tabla 28 Volúmenes cada 15 minutos Av. Leopoldo Freire/ Primera Constituyente y Eloy Alfaro 07:00-08:00AM	51
Tabla 29 Volúmenes cada 15 minutos Av. Leopoldo Freire/ Primera Constituyente y Eloy Alfaro 12:30-13:30 PM.....	53
Tabla 30 Volúmenes cada 15 minutos Av. Leopoldo Freire/ Primera Constituyente y Eloy Alfaro 18:15-19:15 PM.....	54
Tabla 31 Volúmenes horas pico Av. Leopoldo Freire/ Primera Constituyente y Eloy Alfaro	56
Tabla 32 Máximas relaciones de flujo actual v a flujo de saturación s Av. Leopoldo Freire / Primera Constituyente y Eloy Alfaro.....	59
<i>Tabla 33 Volúmenes cada 15 minutos Av. La Prensa con Av. Daniel León Borja / Av. Canónico Ramos 7:00-8:00 AM.....</i>	<i>61</i>
Tabla 34 Volúmenes cada 15 minutos Av. La Prensa con Av. Daniel León Borja / Av. Canónico Ramos 12:30-13:30 PM.....	63
Tabla 35 Volúmenes cada 15 minutos Av. La Prensa con Av. Daniel León Borja / Av. Canónico Ramos 18:15-19:15 PM.....	65
Tabla 36 Volúmenes horas pico Av. La Prensa con Av. Daniel León Borja / Av. Canónico Ramos.....	66
Tabla 37 Máximas relaciones de flujo actual v a flujo de saturación s Av. Daniel León Borja / Av. Canónico Ramos	70
Tabla 38 Volúmenes cada 15 minutos Av. Pedro Vicente Maldonado y E35 (Sector Media Luna) 7:00-8:00 AM	71
Tabla 39 Volúmenes cada 15 minutos Av. Pedro Vicente Maldonado y E35 (Sector Media Luna) 12:30-13:30 PM.....	73

Tabla 40 Volúmenes cada 15 minutos Av. Pedro Vicente Maldonado y E35 (Sector Media Luna) 18:15-19:15 PM.....	75
Tabla 41 Volúmenes horas pico Av. Pedro Vicente Maldonado y E35 (Sector Media Luna)	76
Tabla 42 Máximas relaciones de flujo actual v a flujo de saturación s Av. Pedro Vicente Maldonado y E35 (Sector Media Luna).....	80
Tabla 43 Volúmenes cada 15 minutos Av. José Antonio de Lizaraburu y Av. Monseñor Leónidas Proaño (By Pass) 07:00-08:00AM	81
Tabla 44 Volúmenes cada 15 minutos Av. José Antonio de Lizaraburu y Av. Monseñor Leónidas Proaño (By Pass) 12:30-13:30PM.....	83
Tabla 45 Volúmenes cada 15 minutos Av. José Antonio de Lizaraburu y Av. Monseñor Leónidas Proaño (By Pass) 18:15-19:15PM.....	84
Tabla 46 Volúmenes horas pico Av. José Antonio de Lizaraburu y Av. Monseñor Leónidas Proaño (By Pass)	86
Tabla 47 Máximas relaciones de flujo actual v a flujo de saturación s Av. José Antonio de Lizaraburu y Av. Monseñor Leónidas Proaño (By Pass).....	91
Tabla 48 Situación actual y posibles soluciones encontradas para las cuatro intersecciones	96

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Volúmenes cada 15 minutos Av. Leopoldo Freire/ Primera Constituyente y Eloy Alfaro 07:00-08:00AM	52
Gráfico 2 Volúmenes cada 15 minutos Av. Leopoldo Freire/ Primera Constituyente y Eloy Alfaro 12:30-13:30 PM.....	54
Gráfico 3 Volúmenes cada 15 minutos Av. Leopoldo Freire/ Primera Constituyente y Eloy Alfaro 18:15-19:15PM.....	55

Gráfico 4 Volúmenes horas pico Av. Leopoldo Freire/ Primera Constituyente y Eloy Alfaro	57
Gráfico 5 Diagrama de fases intersección de la Av. Leopoldo Freire/ Primera Constituyente y Eloy Alfaro con semáforo, datos obtenidos en campo	58
Gráfico 6 Volúmenes cada 15 minutos Av. La Prensa con Av. Daniel León Borja / Av. Canónico Ramos 7:00-8:00 AM	62
Gráfico 7 Volúmenes cada 15 minutos Av. La Prensa con Av. Daniel León Borja / Av. Canónico Ramos 12:30-13:30 PM.....	64
Gráfico 8 Volúmenes cada 15 minutos Av. La Prensa con Av. Daniel León Borja / Av. Canónico Ramos 18:15-19:15 PM.....	66
Gráfico 9 Volúmenes horas pico Av. La Prensa con Av. Daniel León Borja / Av. Canónico Ramos.....	67
Gráfico 10 Diagrama de fases intersección de la Av. La Prensa con Av. Daniel León Borja / Av. Canónico Ramos con semáforo, datos obtenidos en campo	69
Gráfico 11 Volúmenes cada 15 minutos Av. Pedro Vicente Maldonado y E35 (Sector Media Luna) 7:00-8:00 AM.....	72
Gráfico 12 Volúmenes cada 15 minutos Av. Pedro Vicente Maldonado y E35 (Sector Media Luna) 12:30-13:30 PM.....	74
Gráfico 13 Volúmenes cada 15 minutos Av. Pedro Vicente Maldonado y E35 (Sector Media Luna) 18:15-19:15 PM.....	76
Gráfico 14 Volúmenes horas pico Av. Pedro Vicente Maldonado y E35 (Sector Media Luna)	77
Gráfico 15 Diagrama de fases intersección de la Av. Pedro Vicente Maldonado y E35 (Sector Media Luna) con semáforo, datos obtenidos en campo	79
Gráfico 16 Volúmenes cada 15 minutos Av. José Antonio de Lizarzaburu y Av. Monseñor Leónidas Proaño (By Pass) 07:00-08:00AM	82

Gráfico 17 Volúmenes cada 15 minutos Av. José Antonio de Lizarzaburu y Av. Monseñor Leónidas Proaño (By Pass) 12:30-13:30PM.....	84
Gráfico 18 Volúmenes cada 15 minutos Av. José Antonio de Lizarzaburu y Av. Monseñor Leónidas Proaño (By Pass) 18:15-19:15PM.....	86
Gráfico 19 Volúmenes horas pico Av. José Antonio de Lizarzaburu y Av. Monseñor Leónidas Proaño (By Pass)	87
Gráfico 20 Diagrama de fases intersección de la Av. José Antonio de Lizarzaburu y Av. Monseñor Leónidas Proaño (By Pass) con semáforo, datos obtenidos en campo	90

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Tasa de flujo	37
Ecuación 2 Volumen horario	37
Ecuación 3 Fórmula para intervalos de 15 min.....	38
Ecuación 4 Flujo de saturación	38
Ecuación 5 Factor de ajuste por ancho de carriles fA	40
Ecuación 6 Factor de ajuste por vehículos pesados fp	40
Ecuación 7 Factor de ajuste por inclinación del acceso fi	41
Ecuación 8 Factor de ajuste por estacionamiento fe	42
Ecuación 9 Factor de ajuste por bloqueo de buses que paran fb	44
Ecuación 10 Factor de ajuste por utilización de carriles fb	44
Ecuación 11 Factor de ajuste por vueltas a la izquierda fgi	45
Ecuación 12 Proporción de vueltas a la izquierda Pgi	46
Ecuación 13 Factor de ajuste por vueltas a la derecha fgd	47
Ecuación 14 Proporción de vueltas a la izquierda Pgd	47

Ecuación 15 Tiempo óptimo de ciclo	49
Ecuación 16 Tiempo total perdido por ciclo	49
Ecuación 17 Intervalo de cambio de fase= Amarillo + Todo Rojo	50
Ecuación 18 Máximas relaciones de flujo actual v a flujo de saturación s por carril	50

CAPÍTULO I. GENERALIDADES

1.1 Introducción

Actualmente Riobamba cuenta con un total de 26 4048 habitantes según estudios de proyecciones realizados por la INEC, presentando un crecimiento del 16,97% en los últimos 10 años, convirtiéndose en una ciudad con alto flujo vehicular. A pesar de los reiterados intentos por parte del municipio para mejorar la congestión vehicular se evidencia una planificación urbana ineficaz.

“El Municipio de Riobamba derrocó dos redondeles ubicados en la avenida Daniel León Borja, una de las más importantes de la ciudad. La medida buscaba evitar la congestión vehicular en esta zona donde funcionan bares, discotecas y restaurantes más concurridos de la urbe. Una de las soluciones definitivas es la construcción de un paso deprimido”. (EL COMERCIO, 2009)

“Año tras año iremos incrementando el número de agentes y con los nuevos profesionales incorporados suman alrededor de 180. Pero de acuerdo con el crecimiento poblacional se requerirán más de 250 agentes”. (EL COMERCIO, 2021)

Como se evidencia se han tomado medidas, no obstante, estas remediaron de manera temporal el problema de congestión, sin embargo, es necesario nuevas alternativas para mejorar la movilidad en esta ciudad.

Con el fin de plantear soluciones a los problemas de congestión vehicular se elaboró el presente trabajo de disertación “Análisis de congestión vehicular en cuatro puntos críticos de la ciudad de Riobamba”, ejecutándose una recolección de datos actualizados y certeros tanto del número de vehículos que transitan por las intersecciones como de los ciclos semafóricos.

1.2 Justificación

En vista de las necesidades que tienen las personas se ven obligadas a movilizarse, para llevar a cabo diferentes actividades como ir a los lugares de trabajo, compras, estudio, recreación, comercio, etc., los cuales pueden estar cerca o lejos del sitio de residencia. Esto ha contribuido con la formación de la congestión vehicular, definiéndola como la condición que existe cuando varios vehículos circulan lenta e irregularmente, es decir que el volumen de tráfico ha excedido la capacidad de diseño de la vía.

Esta problemática ha afectado hoy en día a muchas ciudades, cambiando el estilo de vida de los usuarios, como es el tiempo de viaje, la contaminación tanto ambiental como acústica, problemas en la salud, etc.

La presente disertación se enfocará en puntos críticos, mismos que fueron elegidos en base a información proporcionada por la “Dirección de Gestión de Movilidad de Tránsito y Transporte” del GADM de Riobamba, manifestándonos especial interés en el análisis de cuatro de los diez existentes por presentar problemas de congestión de lunes a viernes, considerándolos puntos representativos y de mayor afectación para la ciudad, requiriéndose un análisis en el tráfico como se indica en su plan de movilidad .

En los últimos años, Riobamba ha tenido un notable crecimiento poblacional, según datos estadísticos del INEC, esta ciudad presenta un incremento del 16,77% de habitantes entre los años 2001 y 2010, y un incremento del 16,97% de habitantes entre los años 2010 y 2020, además en el año 2001 se obtuvo una densidad poblacional de 197,3 Hab/km² y para el año 2020 incremento a 269,99 Hab/km², esto conlleva a una relación directa con el aumento del parque automotor, sin embargo dadas las condiciones que posee la ciudad, no ha contado con un desarrollo urbano adecuado, debido a la falta de evaluación del tráfico. (INEC, 2001; Dateas, 2010)

En vista del aumento de la población es preciso cubrir las necesidades de la ciudadanía y mejorar la calidad en la movilidad, para tener un medio seguro, fluido, confiable, económico y amigable con el planeta, para ello se planifica, diseña y ejecuta proyectos como: vías, ampliación de carriles, señalización, etc., donde los ingenieros

civiles cumplen un rol fundamental para llevar a cabo dichas obras, gracias a los conocimientos adquiridos a lo largo de su carrera.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

- Analizar la congestión vehicular en cuatro puntos críticos de la ciudad de Riobamba, trabajo que podría servir de base para futuros estudios de congestión, generados en el Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) de Riobamba.

1.3.2 Objetivos específicos

- Medir la capacidad vial y el volumen de tráfico mediante el conteo de vehículos durante un intervalo de tiempo.
- Comparar el volumen de tráfico con la capacidad vial para determinar las horas de congestión vehicular.
- Definir los niveles de servicio de las intersecciones y verificar la calidad del flujo vehicular de forma cualitativa mediante estos.
- Medir el ciclo e identificar las fases semafóricas con las que cuenta cada intersección sometida a estudio, para optimizar el sistema de semaforización de ser el caso.
- Estudiar alternativas teóricas que permitan mejorar el nivel de servicio y disminuir la congestión en los cuatro puntos críticos sometidos a estudio en la ciudad de Riobamba.

1.4 Alcance

En esta disertación, se pretende analizar la congestión vehicular de la ciudad de Riobamba en la provincia de Chimborazo de los siguientes puntos críticos:

- Av. Leopoldo Freire/Primera Constituyente y Eloy Alfaro
- Av. La Prensa con Av. Daniel León Borja/ Av. Canónico Ramos
- Av. Pedro Vicente Maldonado y E35 (Sector Media Luna)
- Av. José Antonio de Lizarzaburu y Av. Monseñor Leónidas Proaño (By Pass)

De acuerdo la Norma INEN 004 parte 5 señalización vial, semaforización, para semáforos de tiempo fijo indica que se debe realizar un conteo de vehículos en un intervalo de 4-8 horas de un día laborable. Al tratarse de un estudio de congestión es fundamental realizar el conteo del aforo vehicular en un intervalo de tiempo que incluyan las horas de máxima demanda, es decir las horas pico.

Posterior a la recopilación de información se procesan los datos para determinar la tasa de flujo vehicular y el volumen, donde la comparación entre estos determinará las horas en las que se presenta congestión vehicular en los puntos de análisis. Por medio del nivel de servicio se verificará de forma cualitativa el cumplimiento de la calidad de flujo.

Además, se tomarán datos de los ciclos semafóricos, al igual que las fases con las que cuenta cada intersección, para optimizar los mismos según sea el caso.

Y de esta forma plantear posibles soluciones teóricas a este problema que sirva de apoyo en futuros proyectos para las instituciones correspondientes.

CAPÍTULO II. CONCEPTUALIZACIÓN DE LA CONGESTIÓN VEHICULAR

La planificación del transporte urbano puede considerarse como el campo académico que permite prever situaciones futuras y aportar soluciones realistas y realizables. En teoría, intenta, a través del estudio de la situación actual, generar soluciones que establezcan un sistema de tránsito ideal que permita la movilidad y accesibilidad de sus usuarios. (Mercado, 2012)

2.1 Congestión Vehicular

El término "congestión" se utiliza con mayor frecuencia en relación con el flujo del tráfico de vehículos, y esto es cierto tanto para la comunidad técnica como para los individuos regulares en general. (Thomson & Alberto, 2001)

El diccionario de la Real Academia Española de la Lengua lo define como la "actividad y efecto de congestionar o estar congestionado", mientras que "congestionar" significa "impedir o dificultar el flujo, la circulación o el movimiento de algo", que, en nuestro caso, es el tráfico de vehículos. Hace referencia a la circunstancia en la que hay un gran número de coches en circulación, y el movimiento de cada vehículo individual es lento y errático. (Thomson & Alberto, 2001)

2.2 Volúmenes de tráfico

Los estudios sobre el volumen de tráfico se llevan a cabo con la intención de recopilar información sobre el flujo de vehículos y/o personas a través de determinados puntos o tramos dentro de una red de carreteras. El recuento o la medición de los automóviles es la medida fundamental más importante para un estudio de tráfico. Esta medición se realiza para obtener estimaciones de volumen, que es uno de los objetivos de la investigación. (Chiquito, 2013)

El volumen medio diario anual de tráfico, abreviado como TPDA, es la unidad de medida que se utiliza para el tráfico rodado, se calcula teniendo en cuenta las observaciones de tráfico y los factores de varianza. Antes de calcular el TPDA, es necesario disponer de información precisa sobre la longitud y peso de los vehículos. Se ha utilizado la categorización básica de los coches definida por las normas MTOP para determinar qué características se aplican a cada tipo de vehículo. (Chiquito, 2013)









TIPO DE VEHICULO		No. de EIS	ESQUEMA	SIMBOLO
VEHICULOS LIVIANOS	AUTOMOVIL	2		P
	CAMIONETA			C
VEHICULOS PESADOS	AUTOBUSES	2		B
	CAMIONES	2		2-5
		3		3-5
				2-51
		4		2-52
		5		3-52
	OTRAS COMBINACIONES			
VEHICULOS ESPECIALES	CAMIONES Y/O REMOLQUES ESPECIALES	VARIABLE		Variable
	MAQUINARIA AGRICOLA			
	BICICLETAS Y MOTOCICLETAS			
	OTROS			

Ilustración 1 Clasificación general de vehículos

Fuente: Chiquito, 2013

2.2.1 Tránsito

Se refiere al movimiento de personas, algunas de ellas en automóviles, a través de un área designada como pública. Es una referencia al fenómeno físico y social que está presente en nuestra vida cotidiana simultáneamente. En nuestra opinión, la identificación de los fundamentos conceptuales del fenómeno debería ser el primer paso en cualquier análisis sobre las causas de los problemas de tráfico urbano. (Fernández, 2011)

2.2.2 Tráfico vehicular

Es la condición que se desarrolla como resultado del movimiento de los vehículos a lo largo de una carretera, calle o autopista. También está presente en otros fenómenos,

como el flujo de partículas y el flujo de peatones, con muchos paralelismos en su manifestación. (Pérez, Bautista, Salazar, & Macias, 2014)

2.2.3 Análisis del flujo vehicular

Describe la forma como circulan los vehículos en cualquier tipo de vialidad, lo cual permite establecer el nivel de eficiencia según su funcionalidad. (Cal, Reyes, & James, Ingeniería de Tránsito, 2018)

2.3 Intersección semaforizada

Este tipo de intersecciones posee de ciclos semafóricos, donde el conductor se limita a seguir la señalización, teniendo esta acción u efecto gran importancia sobre el desempeño operativo de dicha intersección. (Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN, 2012)

2.3.1 Semáforos

Dispositivos electrónicos desarrollados para gestionar el flujo de tráfico de forma segura y ordenada para los vehículos y peatones mediante el uso de indicadores visuales codificados por colores reconocidos mundialmente. (Cortes, 2016) (Lara & Loaiza, 2015)

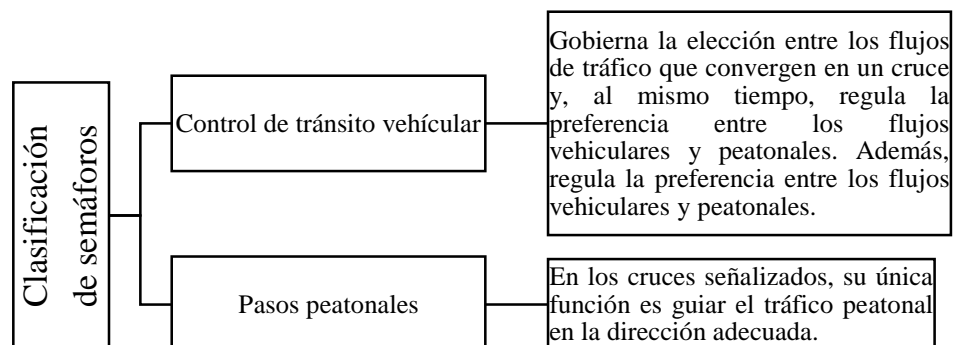


Ilustración 2 Clasificación de semáforos

Fuente: Hinojosa, 2016

2.3.2 Significado de los colores del semáforo

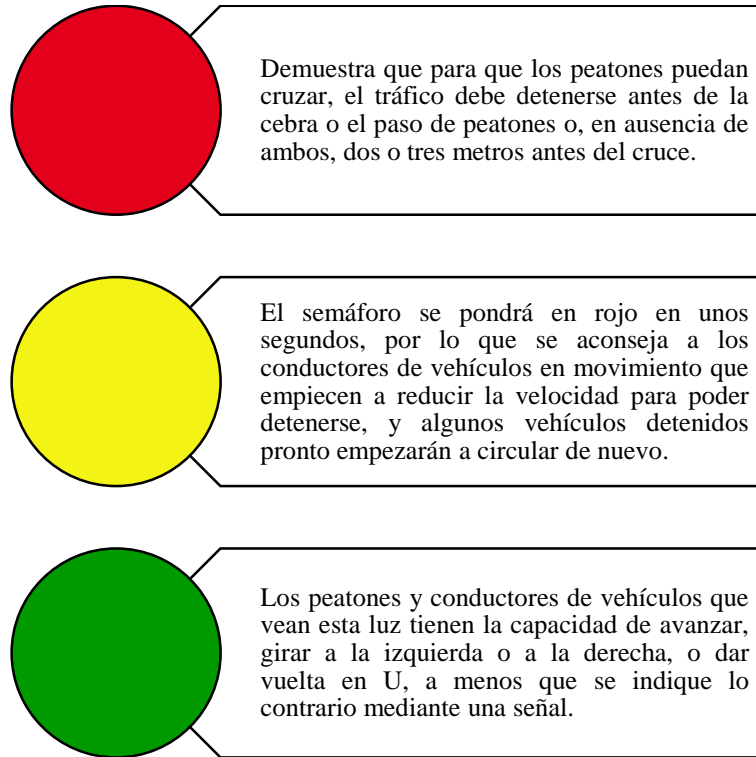


Ilustración 3 Significado de las indicaciones del semáforo

Fuente: Hinojosa, 2016

2.3.3 Fase

Es una parte del ciclo, que se designa para cualquier combinación de uno o más movimientos que obtienen simultáneamente el derecho de paso, en cualquiera de un número de períodos. Es la selección y secuenciación de los movimientos que tienen lugar simultáneamente. Un único movimiento de peatones o vehículos puede considerarse una fase; sin embargo, una fase también puede referirse a una mezcla de los dos tipos de movimientos. El comienzo de una fase está marcado por la retirada del derecho de paso de los movimientos que se oponen directamente a los que tienen derecho de paso. En el momento en que aparece un indicador amarillo, se considera que un movimiento ya no tiene derecho de paso. (Cal, Reyes, & James, Ingeniería de Tránsito, 2018)

2.3.4 Ciclo

Es el tiempo que debe transcurrir antes de que vuelvan a darse las mismas condiciones reglamentarias dentro del cruce. Dicho de otro modo, es el resultado de sumar las duraciones de todas las fases individuales, así como las duraciones necesarias para el despeje y la transición entre ellas. (Hinojosa, 2016)

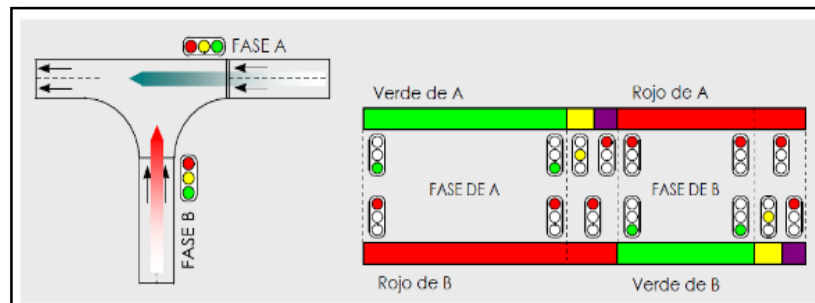
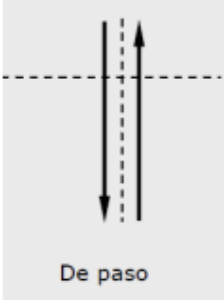


Ilustración 4 Funcionamiento esquemático de una intersección semafórizada

Fuente: Hinojosa, 2016

2.4 Tipos de movimientos

En una intersección controlada por semáforos, la distribución del tiempo de verde no es el único factor que contribuye significativamente a la capacidad de la intersección. Además, la disposición de los movimientos de giro dentro de la secuencia de fases es algo que debe tenerse en cuenta. (Hinojosa, 2016)

TIPO DE MOVIMIENTO	DETALLE	ESQUEMA
De paso	Antes de atravesar la intersección, el vehículo se mantiene en la misma dirección, viajando en línea recta.	 <p>De paso</p>


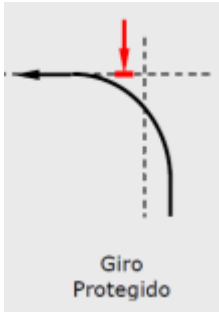
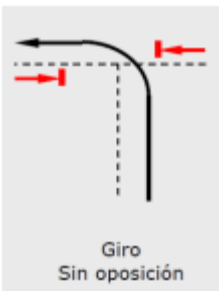
<p>Giro permitido</p>	<p>Para completar el giro, el vehículo debe ir a contracorriente de los peatones o de los vehículos que circulan en la otra dirección.</p> <p>De forma similar, la acción de realizar un giro a la derecha debe coincidir con el inicio de un cruce.</p>	 <p>Giro Permitido</p>
<p>Giro protegido</p>	<p>Este sería el caso si los giros a la izquierda se realizaran durante una fase exclusiva para ellos, con una flecha verde adicional en el semáforo o con un semáforo exclusivo. Lo mismo ocurriría si los giros a la derecha se realizaran durante un periodo que prohibiera a los peatones cruzar la calle.</p>	 <p>Giro Protegido</p>
<p>Giro sin oposición</p>	<p>La mayoría de ellos tienen lugar en calles que sólo van en una dirección, o en intersecciones en T que tienen dos fases distintas para cada flujo de tráfico.</p>	 <p>Giro Sin oposición</p>

Tabla 1 Tipo de movimientos

Fuente: Hinojosa, 2016

2.5 Capacidad vial

El mayor porcentaje horario de vehículos que pueden pasar por un determinado lugar o tramo de un carril o carretera durante un tiempo predeterminado, dadas las

condiciones de la carretera, el tráfico y los dispositivos de control en ese momento. (Cortes, 2016)

2.6 Nivel de servicio

Se trata de una medida cualitativa que describe la forma en que se mueve el tráfico y cómo se sienten los conductores y/o pasajeros al respecto, teniendo en cuenta aspectos como la velocidad, la duración del viaje, la maniobrabilidad, los atascos, el confort, la comodidad y la seguridad vial. (Cortes, 2016)

2.6.1 Nivel de Servicio A

Es una representación de una circulación sin restricciones y cuyas especificaciones geométricas son perfectas. Cuando se tiene en cuenta a cada usuario, éste es prácticamente inmune a los efectos que provoca la presencia de otras personas en la circulación; esto significa que es libre de conducir a la velocidad que desee, y es muy sencillo realizar giros y otras maniobras dentro del flujo de tráfico que se produce. (Lara & Loaiza, 2015; Cal, Reyes, & James, 1994)

2.6.2 Nivel de Servicio B

Aunque empiezan a ser visibles más coches en la corriente de tráfico, el flujo de tráfico sigue estando dentro del rango de ser considerado estable. En otras palabras, tanto la libertad de conducir a la velocidad deseada como la facilidad de maniobrar dentro del flujo de tráfico se reducen cuando hay una ligera interferencia con otros vehículos o cuando las condiciones de la carretera ofrecen pocas restricciones. Esto se debe a que ambos factores hacen más difícil mantener una velocidad constante. Es importante adelantar a otros coches a un ritmo de aproximadamente una vez cada pocos segundos si se quiere mantener este ritmo. (Lara & Loaiza, 2015; Cal, Reyes, & James, 1994)

2.6.3 Nivel de Servicio C

Aunque se encuentra dentro del rango de flujo estable, anuncia el inicio del dominio en el que las interacciones entre usuarios tienen un impacto significativo en el rendimiento de los usuarios individuales. (Lara & Loaiza, 2015; Cal, Reyes, & James, 1994)

2.6.4 Nivel de Servicio D

Aunque es estable, tiene una circulación de alta densidad. Debido a la geometría y a la pendiente, existen limitaciones. Tanto la velocidad de movimiento del usuario como el grado de libertad de maniobra están sustancialmente restringidos, y el usuario informa de un nivel general de comodidad y conveniencia pobre. Incluso con líneas relativamente cortas, hasta las ganancias marginales en el rendimiento tienden a crear dolores de cabeza operativos. (Lara & Loaiza, 2015; Cal, Reyes, & James, 1994)

2.6.5 Nivel de Servicio E

La operación funciona a su máxima capacidad o muy cerca de ella. La velocidad de todos se reduce a un número bastante bajo y constante; esto significa que adelantar a otro vehículo es casi imposible, lo que se traduce en un grado muy bajo de libertad y comodidad. (Lara & Loaiza, 2015; Cal, Reyes, & James, 1994)

2.6.6 Nivel de Servicio F

Se manifiesta como circunstancias de flujo forzado. Cuando la cantidad de demanda supera la capacidad de la vía, se produce una condición conocida como congestión del tráfico. Esto provoca una interrupción en el flujo normal del tráfico. Cuando ocurre algo así, el flujo de tráfico se ralentiza y se vuelve bastante errático. Es habitual que se formen largas colas, y las actividades que tienen lugar dentro de estas colas se caracterizan por las repetidas pausas y los intervalos poco frecuentes. Además, unas condiciones de la vía especialmente peligrosas pueden dar lugar a velocidades y anomalías

en el movimiento de los vehículos comparables a las mencionadas anteriormente. (Lara & Loaiza, 2015; Cal, Reyes, & James, 1994)

Nivel de Servicio	Definiciones	Velocidad media (Vm) km/h
A	Circulación fluida son admisibles sin detenciones.	$V_m > 40$
B	Circulación estable, con pequeñas demoras	$40 > V_m > 30$
C	Circulación estable, con demoras considerables , pero aceptables	$30 > V_m > 25$
D	Circulación próxima a la inestabilidad, con demoras importantes, pero tolerables	$25 > V_m > 15$
E	Circulación inestable , con situaciones de congestión no producidas por insuficiente capacidad de la salida de la calle	$V_m < 15$ Pero los vehículos se mueven
F	Circulación forzada y congestión total	Detenciones prolongadas.

Tabla 2 Detalle de niveles de servicio en calles concéntricas

Fuente: MANUAL HIGHWAY CAPACITY, 2000

CAPÍTULO III. MEDICIÓN DE LA CONGESTIÓN

En este capítulo se presentará datos recopilados en campo, cuyas intersecciones y horas de máxima demanda fueron elegidas en base a información proporcionada por el GAD de Riobamba, mismas que fueron verificadas después de recorrer las zonas de conflicto.

- Av. Leopoldo Freire / Primera Constituyente y Eloy Alfaro: Sector Sur de la urbe donde varios vehículos desembocan por motivos de comercio, localizándose en este punto el Mercado de Productores Agrícolas “San Pedro de Riobamba”.
- Av. La Prensa con Av. Daniel León Borja / Av. Canónico Ramos: Sector Centro de la urbe donde se encuentra situado el Terminal Terrestre de Riobamba, así como el funcionamiento de bares, discotecas y restaurantes más concurridos de la localidad.
- Av. Pedro Vicente Maldonado y E35 (Sector Media Luna): Sector Oeste de la urbe principal punto de salida de vehículos a la ciudad de Guayaquil y área comercial.
- Av. José Antonio de Lizarzaburu y Av. Monseñor Leónidas Proaño (By Pass): Sector Este de la urbe principal punto de salida de vehículos a la ciudad de Quito y zona comercial.

Luego de concretar las intersecciones, se recolectó videos mediante instrumentos tecnológicos como celulares, cámaras y drones, utilizándolos para efectuar los conteos de forma precisa e identificar sus fases. Además, de manera visual se identificó el tipo de intersección.

Para la obtención de los ciclos semafóricos, previamente se elaboró un croquis de la ubicación de los semáforos en cada circunscripción identificándolos con números, posteriormente con la ayuda de cronómetros se tomó los tiempos de verde, amarillo y rojo. A su vez la sincronización que existe entre ellos.

3.1 Intersección 1: Av. Leopoldo Freire / Primera Constituyente y Eloy Alfaro

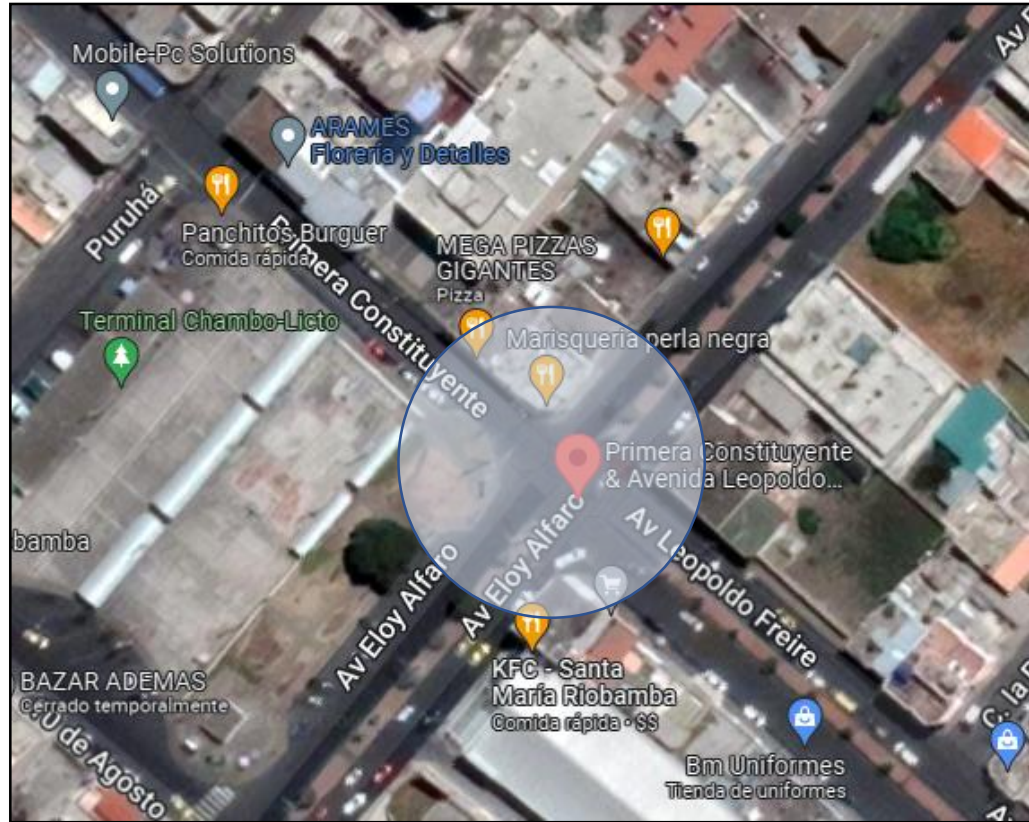


Ilustración 5 Ubicación Av. Leopoldo Freire / Primera Constituyente y Eloy Alfaro

Fuente: Google Maps

3.1.1 Identificación de tipo de intersección

Nombre	Tipo de intersección
Av. Leopoldo Freire / Primera Constituyente y Eloy Alfaro	Cruz

3.1.2 Aforo vehicular

Nombre de la intersección		Av. Leopoldo Freire / Primera Constituyente y Eloy Alfaro						
Hora		7:00-8:00						
Sentido	Conteo de vehículos							
	Autos	Buses	Motos	Taxis	Pesados	Total		
S-N	373	24	40	224	18	679		
E-O	360	8	24	64	28	484		
O-E	229	0	12	144	9	394		
S-E	69	24	12	36	12	153		
E-N	15	0	9	42	7	73		
E-S	104	4	10	92	6	216		
S-O	209	8	11	76	11	315		
O-N	16	0	6	30	5	57		
O-S	O-S	O-S	417	22	13	188	23	663
Total		1792	90	137	896	119	3034	

Tabla 3 Aforo vehicular Av. Leopoldo Freire / Primera Constituyente y Eloy Alfaro 07:00-08:00 AM

Fuente: Elaboración propia

Nombre de la intersección		Av. Leopoldo Freire / Primera Constituyente y Eloy Alfaro						
Hora		12:30-13:30						
Sentido	Conteo de vehículos							
	Autos	Buses	Motos	Taxis	Pesados	Total		
S-N	367	31	29	134	6	567		
E-O	226	9	24	91	24	374		
O-E	252	0	20	56	7	335		
S-E	47	22	9	22	8	108		
E-N	42	0	7	19	6	74		
E-S	52	4	7	43	3	109		
S-O	76	9	6	44	12	147		
O-N	22	0	6	8	8	44		
O-S	O-S	O-S	329	45	15	8	8	405
Total		1413	120	123	425	82	2163	

Tabla 4 Aforo vehicular Av. Leopoldo Freire / Primera Constituyente y Eloy Alfaro 12:30-13:30 PM

Fuente: Elaboración propia

Nombre de la intersección		Av. Leopoldo Freire / Primera Constituyente y Eloy Alfaro						
Hora		18:15-19:15						
Sentido	Conteo de vehículos							
	Autos	Buses	Motos	Taxis	Pesados	Total		
S-N	388	22	26	202	11	649		
E-O	321	11	20	77	35	464		
O-E	212	0	16	105	5	338		
S-E	74	16	11	31	11	143		
E-N	10	0	7	33	8	58		
E-S	98	5	6	69	8	186		
S-O	148	8	6	57	13	232		
O-N	17	0	11	23	2	53		
O-S	O-S	O-S	394	36	16	162	15	623
Total		1662	98	119	759	108	2746	

Tabla 5 Aforo vehicular Av. Leopoldo Freire / Primera Constituyente y Eloy Alfaro 18:15-19:15 PM

Fuente: Elaboración propia

3.1.3 Fases

Primera fase

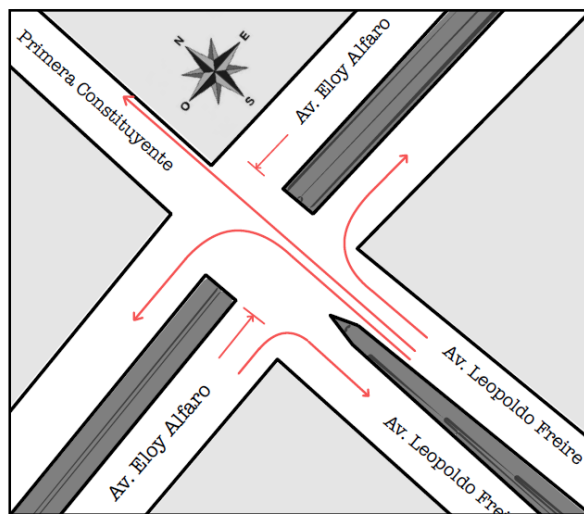


Ilustración 6 Primera fase Av. Leopoldo Freire / Primera Constituyente y Eloy Alfaro

Fuente: Elaboración propia

Segunda fase

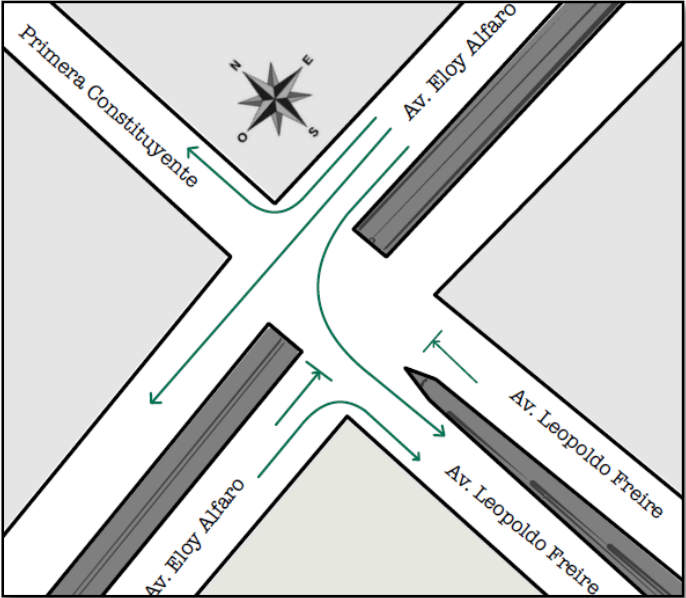


Ilustración 7 Segunda fase Av. Leopoldo Freire / Primera Constituyente y Eloy Alfaro
Fuente: Elaboración propia

Tercera fase

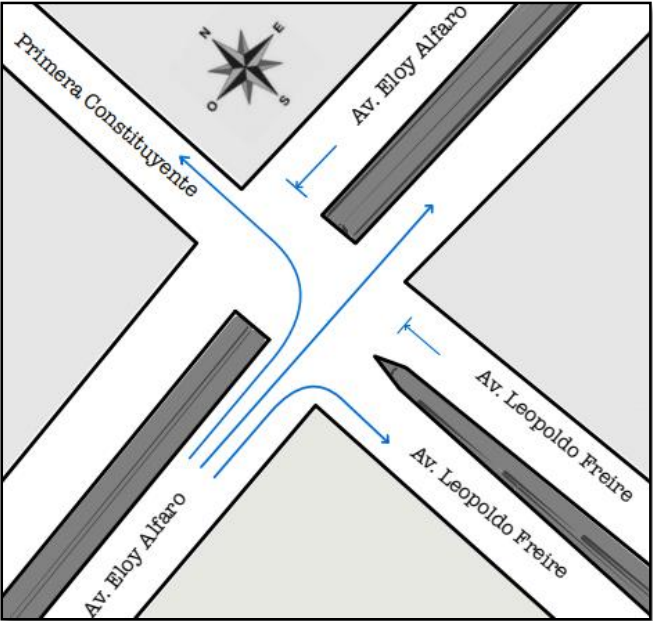


Ilustración 8 Tercera fase Av. Leopoldo Freire / Primera Constituyente y Eloy Alfaro
Fuente: Elaboración propia

3.1.4 Semaforización

Ubicación de semáforos y tiempos semafóricos

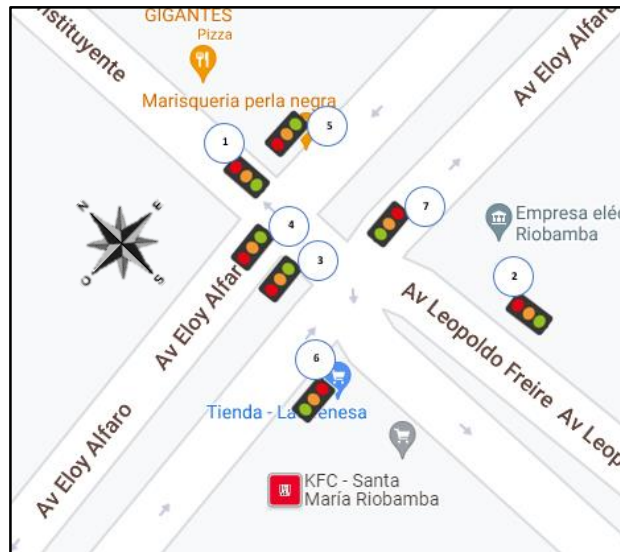


Ilustración 9 Ubicación de semáforos Av. Leopoldo Freire / Primera Constituyente y Eloy Alfaro

Fuente: Elaboración propia

# de semáforo	Luz roja (seg)	Luz amarilla (seg)	Luz verde (seg)	Total del ciclo (min)
1	-	3	33	1:30
2	-	3	33	1:30
3	-	3	24	1:30
4	-	3	24	1:30
5	-	3	24	1:30
6	-	3	18	1:30
7	-	3	18	1:30

Tabla 6 Tiempos semafóricos Av. Leopoldo Freire / Primera Constituyente y Eloy Alfaro

Fuente: Elaboración propia

3.2 Intersección 2: Av. La Prensa con Av. Daniel León Borja / Av. Canónico Ramos

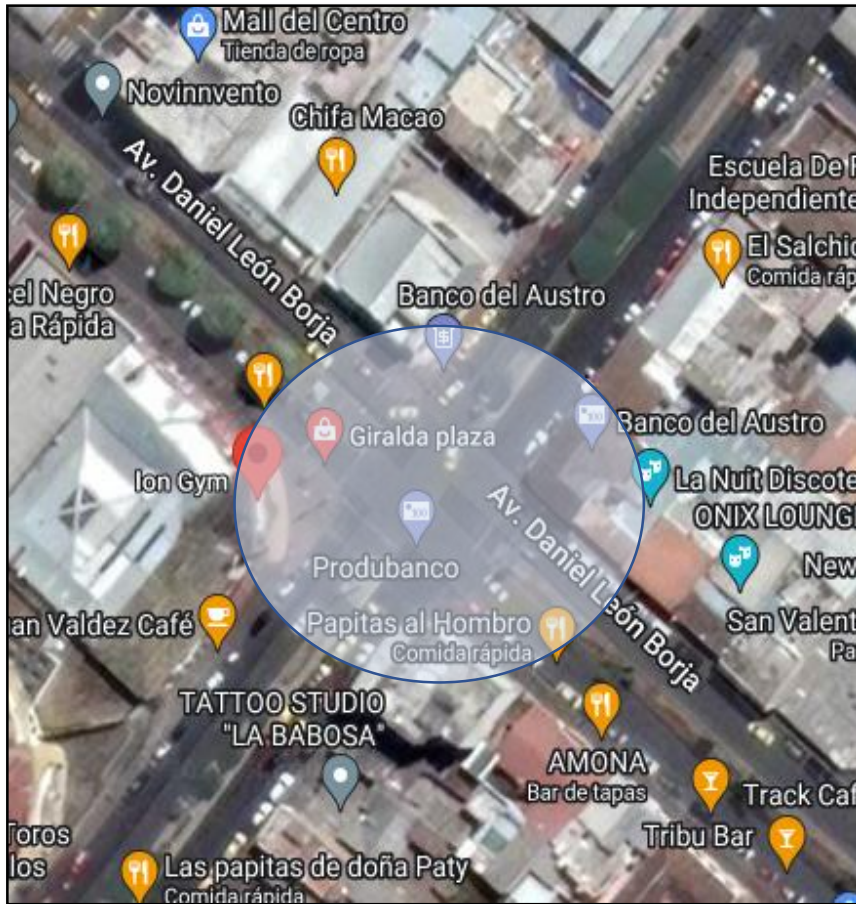


Ilustración 10 Ubicación Av. La Prensa con Av. Daniel León Borja / Av. Canónico Ramos

Fuente: Google Maps

3.2.1 Identificación de tipo de intersección

Nombre	Tipo de intersección
Av. La Prensa con Av. Daniel León Borja / Av. Canónico Ramos	En cruz

3.2.2 Aforo vehicular

Nombre de la intersección		Av. La Prensa con Av. Daniel León Borja / Av. Canónico Ramos				
Hora		07:00-08:00				
Sentido	Conteo de vehículos					
	Autos	Buses	Motos	Taxis	Pesados	Total
N-S	248	0	12	111	4	375
S-N	214	0	9	27	1	251
E-O	215	10	2	12	0	239
O-E	263	0	15	123	7	408
N-E	224	0	2	17	4	247
S-E	212	0	5	3	0	220
E-N	213	0	3	15	0	231
E-S	211	0	5	13	3	232
N-O	210	0	2	8	1	221
S-O	207	0	0	0	0	207
O-N	220	0	8	45	1	274
O-S	218	0	1	25	2	246
Total	2655	10	64	399	23	3151

Tabla 7 Aforo vehicular Av. La Prensa con Av. Daniel León Borja / Av. Canónico Ramos 07:00-08:00 AM

Fuente: Elaboración propia

Nombre de la intersección		Av. La Prensa con Av. Daniel León Borja / Av. Canónico Ramos				
Hora		12:30-13:30				
Sentido	Conteo de vehículos					
	Autos	Buses	Motos	Taxis	Pesados	Total
N-S	199	0	39	109	4	351
S-N	173	0	12	29	2	216
E-O	168	12	7	11	2	200
O-E	225	0	19	111	12	367
N-E	170	0	8	26	2	206
S-E	166	0	3	8	0	177
E-N	162	0	2	6	0	170
E-S	168	0	7	23	1	199
N-O	161	0	2	1	0	164
S-O	160	0	0	0	0	160
O-N	168	0	12	35	1	216
O-S	171	0	9	36	3	219
Total	2091	12	120	395	27	2645

Tabla 8 Aforo vehicular Av. La Prensa con Av. Daniel León Borja / Av. Canónico Ramos 12:30-13:30 PM

Fuente: Elaboración propia

Nombre de la intersección		Av. La Prensa con Av. Daniel León Borja / Av. Canónico Ramos				
Hora		18:15-19:15				
Sentido	Cuento de vehículos					
	Autos	Buses	Motos	Taxis	Pesados	Total
N-S	231	0	58	32	5	326
S-N	205	0	14	16	3	238
E-O	202	9		8	2	221
O-E	250	0	33	85	12	380
N-E	207	0	9	10	2	228
S-E	198	0	11	9	1	219
E-N	197	0	7	10	1	215
E-S	202	0	15	24	1	242
N-O	194	0	10	3	1	208
S-O	190	0	0	1	0	191
O-N	205	0	13	23	1	242
O-S	215	0	14	44	2	275
Total	2496	9	184	265	31	2985

Tabla 9 Aforo vehicular Av. La Prensa con Av. Daniel León Borja / Av. Canónico Ramos 18:15-19:15 PM

Fuente: Elaboración propia

3.2.3 Fases

Primera fase

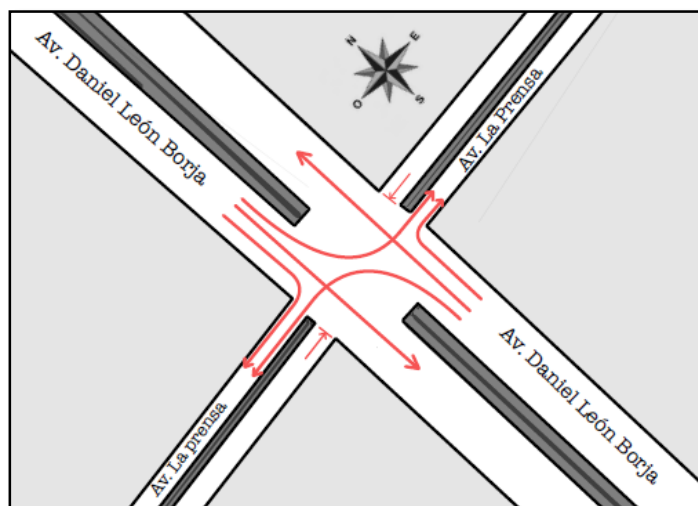


Ilustración 11 Primera fase Av. La Prensa con Av. Daniel León Borja / Av. Canónico Ramos

Fuente: Elaboración propia

Segunda fase

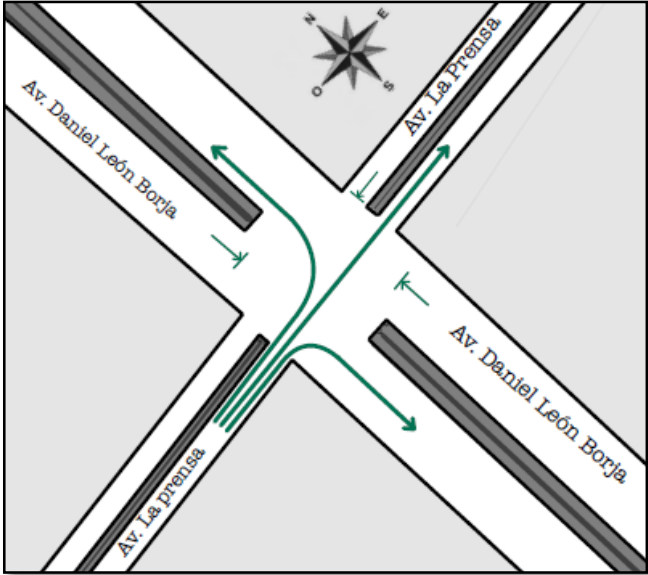


Ilustración 12 Segunda fase Av. La Prensa con Av. Daniel León Borja / Av. Canónico Ramos

Fuente: Elaboración propia

Tercera fase

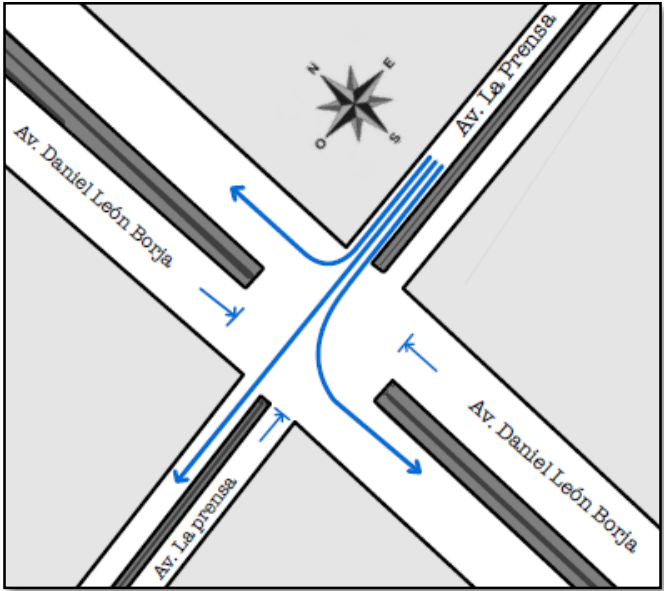


Ilustración 13 Tercera fase Av. La Prensa con Av. Daniel León Borja / Av. Canónico Ramos

Fuente: Elaboración propia

3.2.4 Semaforización

Ubicación de semáforos y tiempos semafóricos

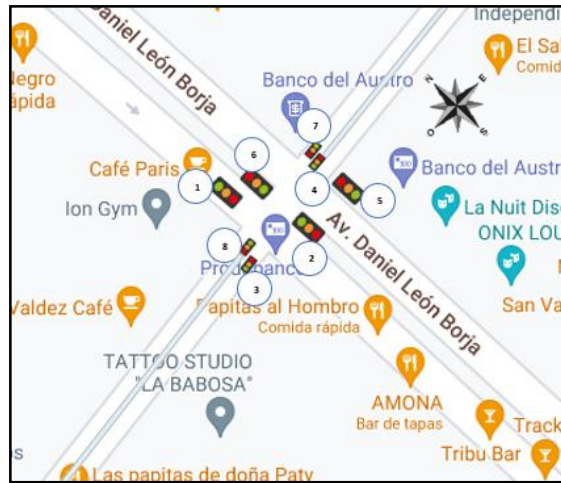


Ilustración 14 Ubicación de semáforos Av. La Prensa con Av. Daniel León Borja / Av. Canónico Ramos

Fuente: Elaboración propia

# de semáforo	Luz roja (seg)	Luz amarilla (seg)	Luz verde (seg)	Total del ciclo (min)
1	-	3	26	1:32
2	-	3	26	1:32
3	-	3	31	1:32
4	-	3	31	1:32
5	-	3	26	1:32
6	-	3	26	1:32
7	-	3	20	1:32
8	-	3	20	1:32

Tabla 10 Tiempos semafóricos Av. La Prensa con Av. Daniel León Borja / Av. Canónico Ramos

Fuente: Elaboración propia

3.3 Intersección 3: Av. Pedro Vicente Maldonado y E35 (Sector Media Luna)



Ilustración 15 Ubicación Av. Pedro Vicente Maldonado y E35 (Sector Media Luna)

Fuente: Google Maps

3.3.1 Identificación de tipo de intersección

Nombre	Tipo de intersección
Av. Pedro Vicente Maldonado y E35 (Sector Media Luna)	En T

3.3.2 Aforo vehicular

Nombre de la intersección		Av. Pedro Vicente Maldonado y E35 (Sector Media Luna)					
Hora		7:00-8:00					
Sentido	Conteo de vehículos						
	Autos	Buses	Motos	Taxis	Pesados	Total	
N-S	230	35	20	79	41	405	
S-N	382	35	14	76	40	547	
N-E	220	42	20	50	75	407	
S-E	80	17	6	75	15	193	
E-N	E-N	391	30	11	93	77	602
E-S		94	20	5	70	11	200
Total		1397	179	76	443	259	2354

Tabla 11 Aforo vehicular Av. Pedro Vicente Maldonado y E35 (Sector Media Luna) 07:00-08:00 AM

Fuente: Elaboración propia

Nombre de la intersección		Av. Pedro Vicente Maldonado y E35 (Sector Media Luna)					
Hora		12:30-13:30					
Sentido	Conteo de vehículos						
	Autos	Buses	Motos	Taxis	Pesados	Total	
N-S	272	33	21	62	55	443	
S-N	232	32	16	47	60	387	
N-E	245	30	20	49	58	402	
S-E	73	15	7	40	10	145	
E-N	E-N	233	28	13	57	69	400
E-S		91	17	16	53	15	192
Total		1146	155	93	308	267	1969

Tabla 12 Aforo vehicular Av. Pedro Vicente Maldonado y E35 (Sector Media Luna) 12:30-13:30 PM

Fuente: Elaboración propia

Nombre de la intersección		Av. Pedro Vicente Maldonado y E35 (Sector Media Luna)					
Hora		18:15-19:15					
Sentido	Conteo de vehículos						
	Autos	Buses	Motos	Taxis	Pesados	Total	
N-S	237	32	41	60	40	410	
S-N	322	25	23	51	40	461	
N-E	270	24	12	54	88	448	
S-E	118	14	11	35	20	198	
E-N	E-N	240	24	26	53	80	423
E-S		82	12	24	57	10	185
Total		1269	131	137	310	278	2125

Tabla 13 Aforo vehicular Av. Pedro Vicente Maldonado y E35 (Sector Media Luna) 18:15-19:15 PM

Fuente: Elaboración propia

3.3.3 Fases

Primera fase

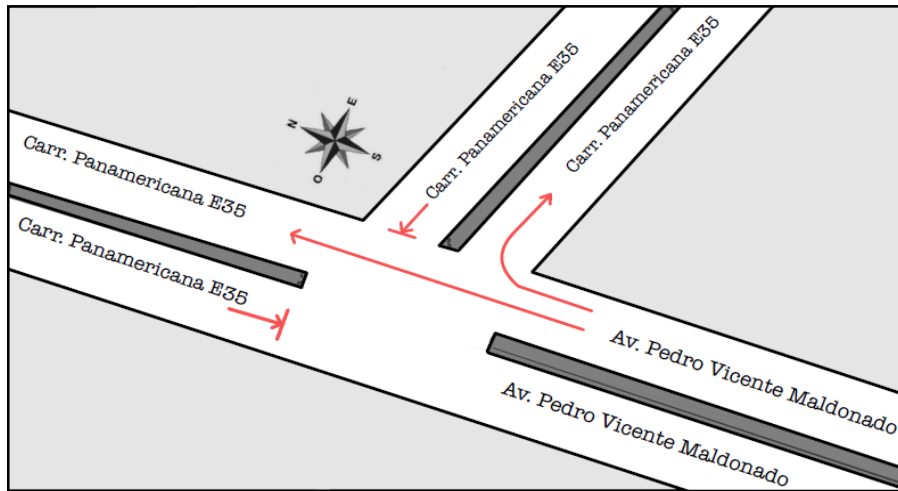


Ilustración 16 Primera fase Av. Pedro Vicente Maldonado y E35 (Sector Media Luna)

Fuente: Elaboración propia

Segunda fase

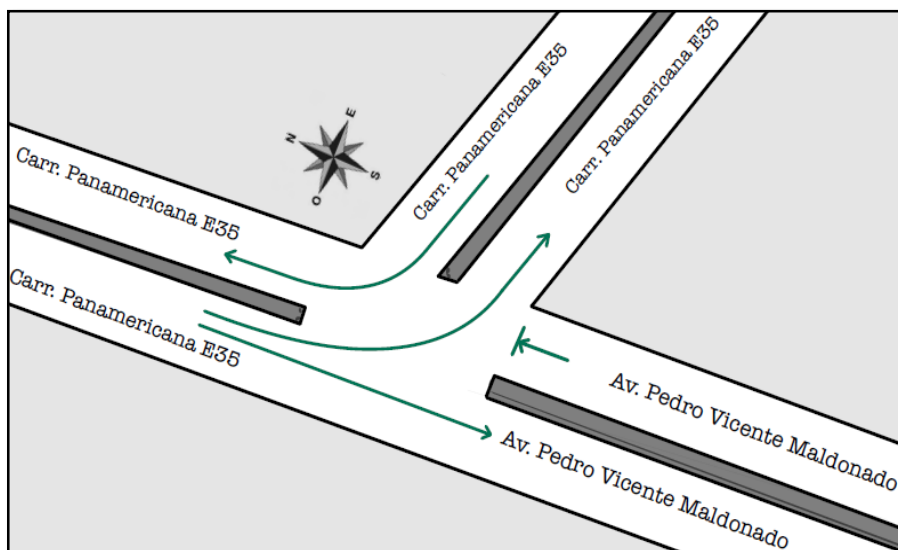


Ilustración 17 Segunda fase Av. Pedro Vicente Maldonado y E35 (Sector Media Luna)

Fuente: Elaboración propia

Tercera fase

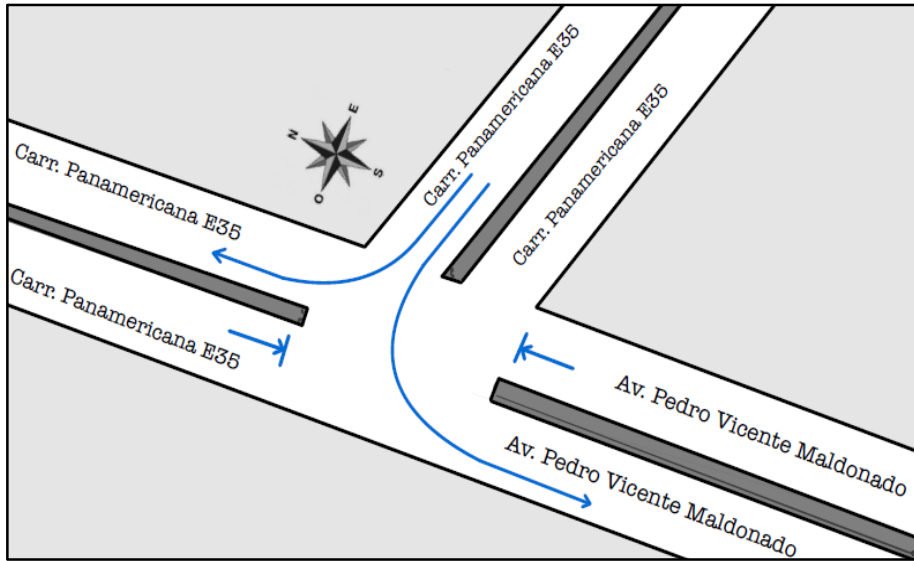


Ilustración 18 Tercera fase Av. Pedro Vicente Maldonado y E35 (Sector Media Luna)

Fuente: Elaboración propia

3.3.4 Semaforización

Ubicación de semáforos y tiempos semafóricos

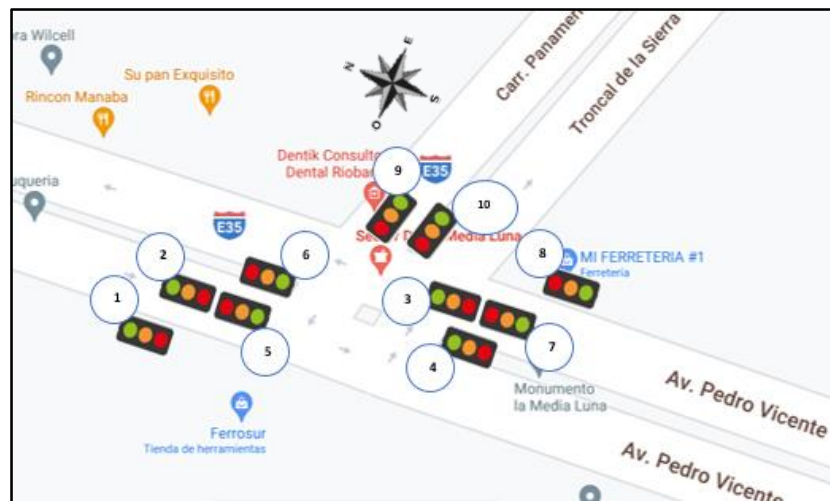


Ilustración 19 Ubicación de semáforos Av. Pedro Vicente Maldonado y E35 (Sector Media Luna)

Fuente: Elaboración propia

# de semáforo	Luz roja (seg)	Luz amarilla (seg)	Luz verde (seg)	Total del ciclo (min)
1	-	3	33	1:43
2	-	3	33	1:43
3	-	3	33	1:43
4	-	3	33	1:43
5	-	3	29	1:43
6	-	3	29	1:43
7	-	3	29	1:43
8	-	3	29	1:43
9	-	3	26	1:43
10	-	3	26	1:43

Tabla 14 Tiempos semafóricos Av. Pedro Vicente Maldonado y E35 (Sector Media Luna)

Fuente: Elaboración propia

3.4 Intersección 4: Av. José Antonio de Lizarzaburu y Av. Monseñor Leónidas Proaño (By Pass)

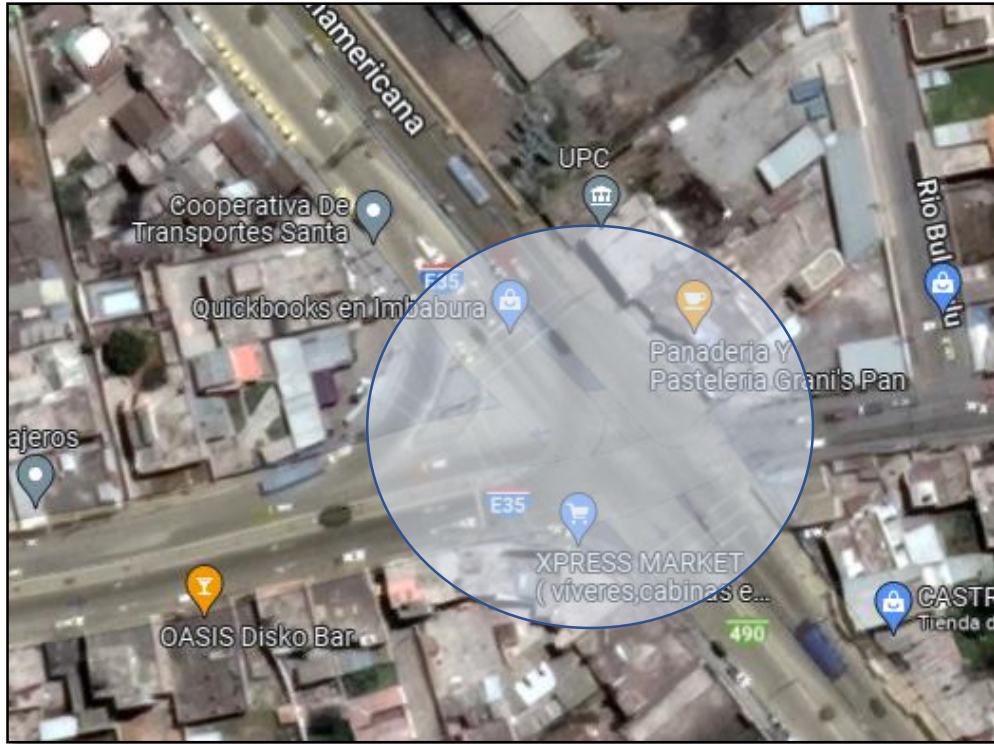


Ilustración 20 Ubicación Av. José Antonio de Lizarzaburu y Av. Monseñor Leónidas Proaño (By Pass)

Fuente: Google Maps

3.4.1 Identificación de tipo de intersección

Nombre	Tipo de intersección
Av. José Antonio de Lizarzaburu y Av. Monseñor Leónidas Proaño (By Pass)	En cruz

3.4.2 Aforo vehicular

Nombre de la intersección		Av. José Antonio de Lizarzaburu y Av. Monseñor Leónidas Proaño (By Pass)							
Hora		7:00-8:00							
Sentido	Conteo de vehículos								
	Autos	Buses	Motos	Taxis	Pesados	Total			
N-S	456	18	18	99	36	627			
S-N	516	90	22	102	27	757			
E-O	168	0	18	24	24	234			
O-E	108	0	6	33	18	165			
N-E	126	24	0	30	6	186			
S-E	69	0	6	24	12	111			
E-N	66	24	12	9	12	123			
E-S	54	0	6	6	24	90			
N-O	N-O	N-O	N-O	192	20	4	10	22	248
S-O	63	12	4	4	30	113			
O-N	144	18	8	27	36	233			
O-S	48	24	6	15	14	107			
Total	2010	230	110	383	261	2994			

Tabla 15 Aforo vehicular Av. José Antonio de Lizarzaburu y Av. Monseñor Leónidas Proaño (By Pass) 07:00-08:00 AM

Fuente: Elaboración propia

Nombre de la intersección		Av. José Antonio de Lizarzaburu y Av. Monseñor Leónidas Proaño (By Pass)							
Hora		12:30-13:30							
Sentido	Conteo de vehículos								
	Autos	Buses	Motos	Taxis	Pesados	Total			
N-S	424	28	19	76	20	567			
S-N	357	42	15	84	28	526			
E-O	120	0	12	40	28	200			
O-E	196	0	8	40	16	260			
N-E	156	13	16	16	16	217			
S-E	74	0	10	22	14	120			
E-N	56	14	7	10	11	98			
E-S	48	0	11	11	15	85			
N-O	N-O	N-O	N-O	203	12	15	22	8	260
S-O	136	12	17	48	8	221			
O-N	180	12	15	68	28	303			
O-S	59	13	6	11	12	101			
Total	2009	146	151	448	204	2958			

Tabla 16 Aforo vehicular Av. José Antonio de Lizarzaburu y Av. Monseñor Leónidas Proaño (By Pass) 12:30-13:30 PM

Fuente: Elaboración propia

Nombre de la intersección		Av. José Antonio de Lizarzaburu y Av. Monseñor Leónidas Proaño (By Pass)							
Hora		18:15-19:15							
Sentido	Conteo de vehículos								
	Autos	Buses	Motos	Taxis	Pesados	Total			
N-S	387	21	22	54	44	528			
S-N	303	45	21	43	26	438			
E-O	201	0	8	46	22	277			
O-E	115	0	11	22	21	169			
N-E	129	18	18	31	17	213			
S-E	111	0	13	10	9	143			
E-N	78	18	8	9	12	125			
E-S	177	0	9	11	10	207			
N-O	N-O	N-O	N-O	158	15	9	14	6	202
S-O	191	13	10	27	12	253			
O-N	126	16	10	12	13	177			
O-S	76	13	7	18	11	125			
Total	2052	159	146	297	203	2857			

Tabla 17 Aforo vehicular Av. José Antonio de Lizarzaburu y Av. Monseñor Leónidas Proaño (By Pass) 18:15-19:15

PM

Fuente: Elaboración propia

3.4.3 Fases

Primera fase

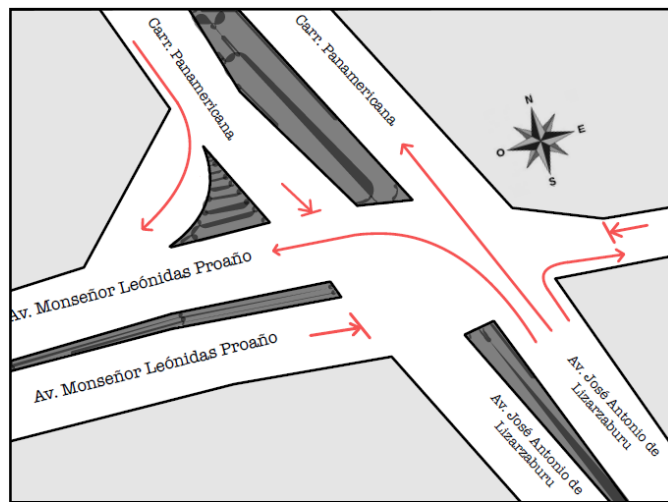


Ilustración 21 Primera fase Av. José Antonio de Lizarzaburu y Av. Monseñor Leónidas Proaño (By Pass)

Fuente: Elaboración propia

Segunda fase

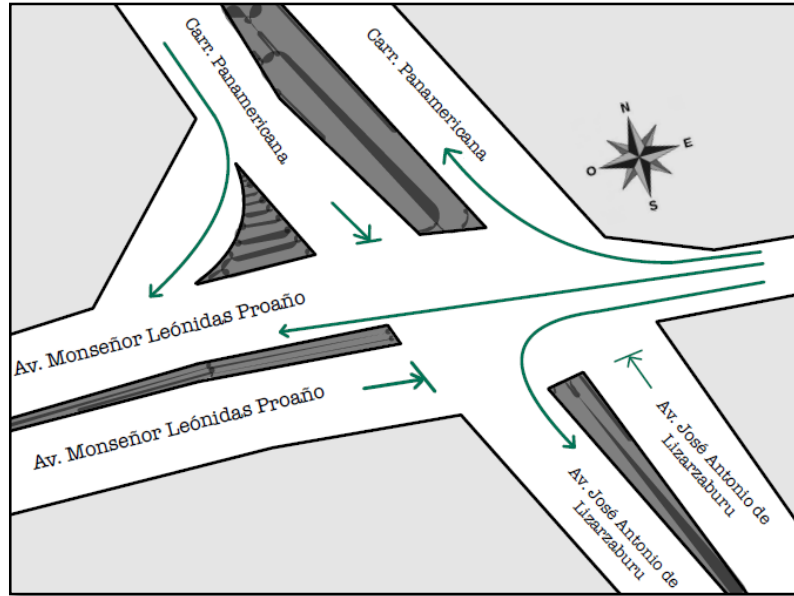


Ilustración 22 Segunda fase Av. José Antonio de Lizarzaburu y Av. Monseñor Leónidas Proaño (By Pass)

Fuente: Elaboración propia

Tercera fase

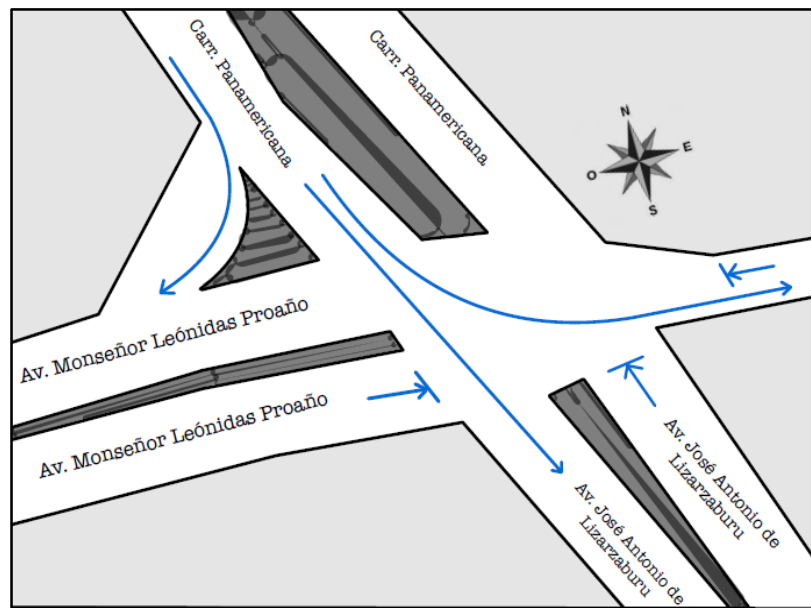


Ilustración 23 Tercera fase Av. José Antonio de Lizarzaburu y Av. Monseñor Leónidas Proaño (By Pass)

Fuente: Elaboración propia

Cuarta fase

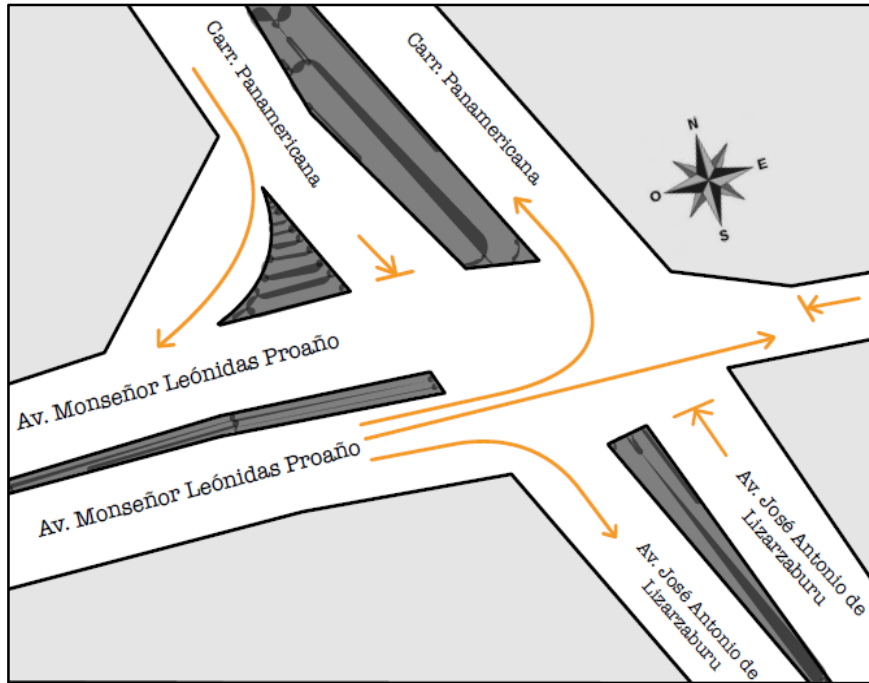


Ilustración 24 Cuarta fase Av. José Antonio de Lizarzaburu y Av. Monseñor Leónidas Proaño (By Pass)

Fuente: Elaboración propia

3.4.4 Semaforización

Ubicación de semáforos y tiempos semafóricos

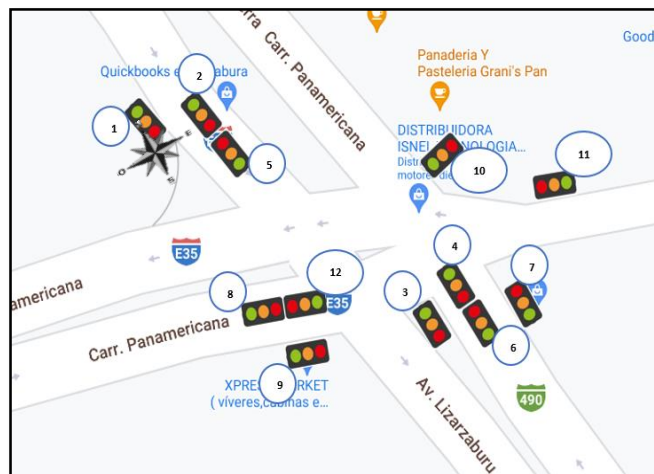


Ilustración 25 Ubicación de semáforos Av. José Antonio de Lizarzaburu y Av. Monseñor Leónidas Proaño (By Pass)

Fuente: Elaboración propia

# de semáforo	Luz roja (seg)	Luz amarilla (seg)	Luz verde (seg)	Total del ciclo (min)
1	-	3	26	2:00
2	-	3	26	2:00
3	-	3	26	2:00
4	-	3	26	2:00
5	-	3	26	2:00
6	-	3	26	2:00
7	-	3	26	2:00
8	-	3	27	2:00
9	-	3	27	2:00
10	-	3	27	2:00
11	-	3	21	2:00
12	-	3	21	2:00

Tabla 18 Tiempos semafóricos Av. José Antonio de Lizaraburu y Av. Monseñor Leónidas Proaño (By Pass)

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Metodología

A continuación, se describe los métodos empleados en el análisis, fundamentados en el libro “Ingeniería de Tránsito Elementos y Aplicaciones” 9na edición, de los autores Rafael Cal y Mayor R. y el Manual de Capacidad Vial HCM 2010.

4.1.1 Procedimiento para medir la congestión

Para evaluar la calidad del flujo vehicular se utiliza la idea de nivel de servicio, que describe las circunstancias operativas del mismo y la percepción que tienen de él sus usuarios.

Nivel de servicio

Según el Manual de Capacidad Vial HCM 2010 del TRB, existen seis niveles de servicio, que van del mejor al peor y se definen en función de las circunstancias de la operación. Estos niveles son A, B, C, D, E y F.

Hay factores internos y externos que pueden influir en la calidad del servicio prestado. Las variaciones en el ritmo, el volumen, la mezcla de tráfico y la proporción de movimientos son ejemplos de factores internos a tener en cuenta. Los factores externos incluyen aspectos del entorno físico, como la anchura del carril, el espacio libre lateral, las pendientes, etc. (Cal, Reyes, & James, Ingeniería de Tránsito, 2018)

Análisis del flujo vehicular

La hora de máxima afluencia debe utilizarse para evaluar las variables internas. El tráfico de vehículos durante las horas punta no se reparte por igual. Cuando se tiene esto en cuenta, resulta importante determinar el porcentaje del flujo que corresponde a una hora pico durante la hora que experimenta la demanda máxima.

Se eligieron 15 minutos como periodo de tiempo para el estudio de capacidad debido a que era el lapso de tiempo más pequeño que presentaba un flujo consistente. El

volumen en 15 minutos es convertido a tasa de flujo horaria, siendo así la capacidad de un sistema vial la tasa máxima de flujo horaria.

Para definir la existencia de congestión vehicular se debe hacer una comparación entre dos variables principales: la tasa de flujo máximo (q) y el volumen horario (Q). Cuando los volúmenes vehiculares en períodos cortos son mayores a la tasa de flujo máximo existe congestión, es decir $Q > q$.

– **Tasa de flujo**

La velocidad a la que los vehículos viajan a través de un punto dado o sección transversal de un carril; también conocido como el número de vehículos que circulan por un determinado punto o sección transversal de un carril durante un determinado intervalo de tiempo, T ; este intervalo de tiempo es inferior a una hora y la tasa se puede expresar en vehículos por minuto (veh/min) o vehículos por segundo (veh/s). Teniendo especial cuidado en la interpretación se puede expresar en vehículos por hora (veh/hora). (Cal, Reyes, & James, Ingeniería de Tránsito, 2018)

$$q = \frac{N}{T}$$

Ecuación 1 Tasa de flujo

Fuente: Cal, Reyes, & James, Ingeniería de Tránsito, 2018

– **Volumen horario**

Para cierta hora efectiva el volumen horario se calcula con la siguiente expresión:

$$Q = Q_{15_1} + Q_{15_2} + Q_{15_3} + \dots + Q_{15_n}$$

Ecuación 2 Volumen horario

Fuente: Cal, Reyes, & James, Ingeniería de Tránsito, 2018

– **Factor de hora pico (FHP)**

De acuerdo con el Manual de Capacidad, el momento más crucial de la intersección en términos de capacidad, definiéndolo como “el cociente entre la intensidad

de la hora punta y cuatro veces la intensidad de los quince minutos más cargados”. (Blázquez & Bevia Garcir, 2000)

$$FHP = \frac{V_t}{4 * I_{15}}$$

Ecuación 3 Fórmula para intervalos de 15 min

Fuente: Blázquez & Bevia Garcir, 2000)

Donde:

V_t : volumen total en una hora pico

I_{15} : intensidad con mayor demanda en 15 min

Este factor suele oscilar entre 0,75 y 0,90 en entornos metropolitanos, siendo 0,85 la cifra media. (Blázquez & Bevia Garcir, 2000)

4.1.2 Procedimiento para calcular el flujo de saturación

Dado que la existencia del semáforo en rojo provocaría la aparición de colas de vehículos, un cruce con semáforos es uno de los modelos típicos que pueden utilizarse para describir el fenómeno de la espera. (Cal, Reyes, & James, Ingeniería de Tránsito, 2018)

El flujo de saturación se usa para describir la capacidad de una entrada a un cruce señalizado. Cuando el semáforo cambia a verde, hay un aumento inmediato y notable en el ritmo al que los vehiculos se mueven más allá de la línea de alto. Esta tasa es comparable al flujo de saturación y no cambia hasta que expira el período verde. (Cal, Reyes, & James, Ingeniería de Tránsito, 2018)

La expresión que se emplean para cuantificar el flujo de saturación o capacidad ideal es:

$$S = S_o * N_i * f_A * f_p * f_i * f_e * f_{ar} * f_{bb} * f_u * f_{gi} * f_{gd}$$

Ecuación 4 Flujo de saturación

Fuente: Cal, Reyes, & James, Ingeniería de Tránsito, 2018

S : flujo saturado para carril (veh/h)

S_o : tasa de flujo de saturación base (autos/hora verde/ carril)

N_i : número de carriles del grupo i

f_A : factor de ajuste por ancho de carriles

f_p : factor de ajuste por vehículos pesados

f_i : factor de ajuste por inclinación del acceso

f_e : factor de ajuste por estacionamiento

f_{ar} : factor de ajuste por tipo de área

f_{bb} : factor de ajuste por bloqueo de buses que paran

f_u : factor de ajuste por utilización de carriles

f_{gi} : factor de ajuste por vueltas a la izquierda

f_{gd} : factor de ajuste por vueltas a la derecha

Ver anexo 1,2,3 y 4

– **Tasa de flujo de saturación base S_o**

“La capacidad ideal de una intersección se considera 1.900 vehículos ligeros por hora de verde y carril (vl/hv/c). Dicha capacidad se verá modificada por una serie de factores”. (Blázquez & Bevía Garcir, 2000)

– **Factor de ajuste por ancho de carriles f_A**

Tiene en cuenta la influencia perjudicial que tiene la presencia de carriles pequeños sobre el flujo de saturación y al mismo tiempo permite un aumento del flujo cuando hay carriles anchos (carriles de más de 3,93 metros). (Cal, Reyes, & James, Ingeniería de Tránsito, 2018)

$$f_A = 1 + \frac{(W - 3.6)}{9}$$

Ecuación 5 Factor de ajuste por ancho de carriles f_A

Fuente: Cal, Reyes, & James, 2018

Donde:

W : Ancho de carril

A = Ancho del carril (2.40 < A < 4.80 m)			
Ancho (m)	f_A	Ancho (m)	f_A
2.40	0.87	3.60	1.00
2.70	0.90	3.90	1.03
3.00	0.93	4.20	1.07
3.30	0.97	4.50	1.10

Tabla 19 Factor de ajuste por ancho de carriles (f_A)

Fuente: Manual de capacidad de carreteras-HCM 2000

– **Factor de ajuste por vehículos pesados f_p**

Esta medida tiene en cuenta el impacto que tiene la presencia de camiones pesados en el flujo de tráfico. Los vehículos pesados incluyen cosas como camiones de reparto y buses de transporte público, pero no incluyen los buses locales que se detienen en la intersección y esperan a que los pasajeros suban y bajen. (Cal, Reyes, & James, Ingeniería de Tránsito, 2018)

Los valores para este factor se calculan con la siguiente ecuación:

$$f_p = \frac{100}{100 + P_p * (E_T - 1)}$$

Ecuación 6 Factor de ajuste por vehículos pesados f_p

Fuente: Cal, Reyes, & James, 2018

Donde:

P_p : porcentaje de vehículos pesados en el correspondiente grupo (%)

E_T : número equivalente de automóviles directos a un vehículo pesado = 2

FP = % de vehículos pesados (0<FP<E _c =2.0)			
%	f _p	%	f _p
Pesados		Pesados	
0.00	1000.00	25.00	0.80
2.00	0.98	30.00	0.77
4.00	0.96	35.00	0.74
6.00	0.94	40.00	0.71
8.00	0.93	45.00	0.69
10.00	0.91	50.00	0.67
15.00	0.87	75.00	0.57
20.00	0.83	100.00	0.50

Tabla 20 Factor de ajuste por vehículos pesados (f_p)

Fuente: Manual de capacidad de carreteras-HCM 2000

– **Factor de ajuste por inclinación del acceso f_i**

Los valores para el factor se calculan con la siguiente ecuación:

$$f_i = 1 - \frac{\%P_i}{200}$$

Ecuación 7 Factor de ajuste por inclinación del acceso f_i

Fuente: Cal, Reyes, & James, 2018

Donde:

%P_i: porcentaje de pendiente del acceso, correspondiente al grupo de movimientos (%)

Nota: Este factor se aplica a pendientes que va desde -6% a 10%. Al descender, las pendientes son negativas, y al subir, las pendientes son positivas. (Cal, Reyes, & James, Ingeniería de Tránsito, 2018)

i = Pendiente en % (-6 < i < +10)		
TIPO	PENDIENTE (%)	f _i
Bajada	-6 ó inferior	1.03
	-4	1.02
	-2	1.01
Anivel	0	1.00
Subida	2	0.99
	4	0.98
	6	0.97
	8	0.96
	+10 ó sup.	0.95
Negativo es cuesta a bajo		

Tabla 21 Factor de ajuste por inclinación del acceso (f_i)

Fuente: Manual de capacidad de carreteras-HCM 2000

– Factor de ajuste por estacionamiento f_e

Se tiene en cuenta el impacto que la existencia de un carril de estacionamiento junto al grupo de carriles, que se encuentra a 76 metros aguas arriba de la línea de parada, tiene sobre el flujo de tráfico en el grupo de carriles. (Cal, Reyes, & James, Ingeniería de Tránsito, 2018)

La siguiente ecuación se utiliza para derivar los valores que corresponden a este factor:

$$f_e = \frac{N_i - 0.1 - \frac{18N_m}{3600}}{N_i} \geq 0.050$$

Ecuación 8 Factor de ajuste por estacionamiento f_e

Fuente: Cal, Reyes, & James, 2018

Donde:

N_m : número de maniobras de estacionamiento (maniobras/h)

N_i : número de carriles del grupo i

Nota: Para calcular hasta 180 movimientos por hora, utilice el método mostrado anteriormente. En caso de que no haya estacionamiento disponible, el factor de ajuste se establecerá en 1.0. (Cal, Reyes, & James, Ingeniería de Tránsito, 2018)

Nm = N° de estacionamientos por hora (0 < Nm < 180)			
NM	N° de carriles (N)		
	1	2	3
Prohibido	1.00	1.00	1.00
0	0.90	0.95	0.97
10	0.85	0.93	0.95
20	0.80	0.90	0.93
30	0.75	0.88	0.92
40	0.70	0.85	0.90
50	0.65	0.83	0.88
60	0.60	0.80	0.87
70	0.55	0.78	0.85

Tabla 22 Factor de ajuste por estacionamiento (f_e)

Fuente: Manual de capacidad de carreteras-HCM 2000

– **Factor de ajuste por tipo de área f_{ar}**

Este ajuste se hace para dar cuenta de la ineficiencia de los cruces que se encuentran en el centro de la ciudad, en contraste con aquellas intersecciones que se encuentran fuera del centro de la ciudad. En este escenario particular, se utiliza un factor de 0,9. (Cal, Reyes, & James, Ingeniería de Tránsito, 2018)

TIPO DE ÁREA	CENTRO URBANO (CBD)	ZONAS PERIFÉRICAS
FACTOR DE ÁREA (f_{ar})	0.9	1

Tabla 23 Factor de ajuste por tipo de área (f_{ar})

Fuente: Manual de capacidad de carreteras-HCM 2000

– **Factor de ajuste por bloqueo de buses que paran f_{bb}**

Tiene en cuenta el efecto de los buses que se detienen en una parada de autobús situada a 76 metros de la línea de parada a la entrada o salida del acceso para descargar o subir pasajeros, impidiendo así el flujo de tráfico en el conjunto de carriles correspondiente. (Cal, Reyes, & James, Ingeniería de Tránsito, 2018)

La siguiente ecuación se utiliza para determinar los valores que se deben asignar a este factor:

$$f_{bb} = \frac{N_i - \frac{14.4N_b}{3600}}{N_i} \geq 0.050$$

Ecuación 9 Factor de ajuste por bloqueo de buses que paran f_{bb}

Fuente: Cal, Reyes, & James, 2018

Nota: El cálculo anterior es válido hasta un máximo de 250 buses por hora. El factor de ajuste se establece en 1,0 cuando no hay bloqueo de bus presente. (Cal, Reyes, & James, Ingeniería de Tránsito, 2018)

Nb = N° de autobuses que paran por hora (0 ≤ Nm ≤ 250)						
N° DE CARRILES (N)	N° DE AUTOBUSES QUE PARAN POR HORA (Nb)					
	0	10	20	30	40	50
1	1.00	0.96	0.92	0.88	0.84	0.80
2	1.00	0.98	0.96	0.94	0.92	0.90
3	1.00	0.99	0.97	0.96	0.95	0.93

Tabla 24 Factor de ajuste por bloqueo de buses que paran (f_{bb})

Fuente: Manual de capacidad de carreteras-HCM 2000

– **Factor de ajuste por utilización de carriles f_u**

Cuando el grupo de carriles consta de más de un carril y la demanda de cada uno de esos carriles no es la misma, se activa este ajuste. (Cal, Reyes, & James, Ingeniería de Tránsito, 2018)

La siguiente ecuación se utiliza para determinar los valores que se deben asignar a este factor:

$$f_u = \frac{V_i}{V_1 * (N_i)}$$

Ecuación 10 Factor de ajuste por utilización de carriles f_{bb}

Fuente: Cal, Reyes, & James, 2018

Donde:

V_i : volumen de demanda del grupo de carriles i (vehículos/h)

V_1 : volumen de demanda del carril con el volumen más alto del grupo de carriles i (vehículos/h)

N_i : número de carriles del grupo i

Movimientos en los grupos de carriles	No de carriles en los grupos de carriles	Porcentaje del tránsito en el carril de mayor carga	Factor de utilización de carril recomendado f_u
Flujos directos	1	100.0	1.0
	2	52.5	0.952
	3	36.7	0.908
Giro izquierdo exclusivo	1	100.0	1.0
	2	51.5	0.971
Giro derecho exclusivo	1	100.0	1.0
	2	56.5	0.885

Tabla 25 Factor de ajuste por utilización de carriles (f_u)

Fuente: Manual de capacidad de carreteras-HCM 2000

– **Factor de ajuste por vueltas a la izquierda f_{gi}**

Este ajuste se utiliza para reflejar el efecto que tiene en el medio ambiente el camino seguido por los vehículos que giran a la izquierda. (Cal, Reyes, & James, Ingeniería de Tránsito, 2018)

La siguiente fórmula se utiliza para obtener los valores de este factor al calcular los carriles compartidos:

$$f_{gi} = \frac{1}{1.0 + 0.05 * P_{gi}}$$

Ecuación 11 Factor de ajuste por vueltas a la izquierda f_{gi}

Fuente: Cal, Reyes, & James, 2018

Donde:

P_{gi} : proporción de vueltas a la izquierda en el grupo de carriles

Nota: Para carriles exclusivos, el factor es 0.95. (Cal, Reyes, & James, Ingeniería de Tránsito, 2018)

Proporción de vueltas a la izquierda P_{gi}

La proporción de vueltas solo aplica a aquellos grupos que tienen carriles compartidos. Si el grupo establecido es de dos (2) carriles, en el cálculo de la proporción de vueltas a la izquierda, deberá considerarse también el volumen del otro carril de frente. Cuando el grupo de carriles de la izquierda es un grupo de carril exclusivo, la proporción de vueltas a la izquierda (P_{gi}) es 1.00. (Cal, Reyes, & James, Ingeniería de Tránsito, 2018)

$$P_{gi} = \frac{V_{izq}}{V_{izq} + V_{fren}}$$

Ecuación 12 Proporción de vueltas a la izquierda P_{gi}

Fuente: Cal, Reyes, & James, 2018

V_{izq} : volumen horario de máxima demanda a la izquierda (vehículos/h)

V_{fren} : volumen horario de máxima demanda al frente (vehículos/h)

P_{gi} = Proporción de giros a la izquierda. Q_0 = Intensidad en sentido opuesto (veh/h)			
FASE (PROT=Protegida, PERM=Permitida, PR+PE=Protegida/Permitida)			
CASO			FÓRMULA SIMPLIFICADA
Nº	CARRIL	FASE	
1	EXCL.	PROT.	0.95
2		PERM.	Procedimiento especial (Ver manual de Capacidad)
3		PR+PE	Caso 1 a fase protegida Caso 2 a fase permitida
4	COMP.	PROT.	$f_{gi} = 1/(1+0.05 \cdot P_{gi})$
5		PERM.	Procedimiento especial (Ver manual de Capacidad)
6		PR+PE	$Q_0 < 1.220$
	$Q_0 > 1.220$		$f_{gi} = \frac{1}{1 + 4.525 \cdot Q_0}$
7	ACCESO DE UN SOLO CARRIL		No se contempla

Tabla 26 Factor de ajuste por vueltas a la izquierda (f_{gi})

Fuente: Manual de capacidad de carreteras-HCM 2000

– **Factor de ajuste por vueltas a la derecha f_{gd}**

Este ajuste pretende representar la influencia que la ruta tomada por los vehículos que giran a la derecha tiene sobre el medio ambiente. (Cal, Reyes, & James, Ingeniería de Tránsito, 2018)

La siguiente fórmula se utiliza para obtener los valores de este factor al calcular los carriles compartidos:

$$f_{gd} = 1.0 - 0.15 * P_{gd}$$

Ecuación 13 Factor de ajuste por vueltas a la derecha f_{gd}

Fuente: Cal, Reyes, & James, 2018

Donde:

P_{gd} : proporción de vueltas a la derecha en el grupo de carriles

Nota: Para carriles exclusivos, el factor es 0.85. (Cal, Reyes, & James, Ingeniería de Tránsito, 2018)

Proporción de vueltas a la derecha P_{gd}

La proporción de vueltas solo aplica a aquellos grupos que tienen carriles compartidos. Si el grupo establecido es de dos (2) carriles, en el cálculo de la proporción de vueltas a la derecha, deberá considerarse también el volumen del otro carril de frente. Cuando el grupo de carriles de la derecha es un grupo de carril exclusivo, la proporción de vueltas a la derecha (P_{gd}) es 1.00. (Cal, Reyes, & James, Ingeniería de Tránsito, 2018)

$$P_{gd} = \frac{V_{der}}{V_{der} + V_{fren}}$$

Ecuación 14 Proporción de vueltas a la izquierda P_{gd}

Fuente: Cal, Reyes, & James, 2018

V_{der} : volumen horario de máxima demanda a la derecha (vehículos/h)

V_{fren} : volumen horario de máxima demanda al frente (vehículos/h)

Pgd = Proporción de giros a la derecha Pgd.p = Proporción de giros protegidos a la derecha Ip = Intensidad peatonal en conflicto (pth)						
CARRIL (EXCL=Exclusivo, COMP=Compartido) FASE (PROT=Protegida, PERM=Permitida, PR+PE=Protegida/Permitida)						
CASO			RANGO DE VARIABLES			FÓRMULA SIMPLIFICADA
Nº	CARRIL	FASE	Pgd	Pgd.p	IP	
1	EXCL.	PROT.	1	1	0	0.85
2		PERM	1	0	0 -1700	$0.85 - (I_p/2100)$
3		PR+PE	1	0-10	0 -1700	$0.85 - (I_p/2100) (1 - P_{gd})$
4	COMP.	PROT.	0-1	1	0	$1 - 0.15 P_{gd}$
5		PERM	0-1	0	0 -1700	$1 - P_{gd} (0.15 + I_p/2100)$
6		PR+PE	0-1	0-10	0 -1700	$1 - P_{gd} \left(0.15 - \frac{I_p (1 - P_{gd})}{2100} \right)$
7	ACCESO DE UN SOLO CARRIL		0-1	-	0 -1700	$0.90 - P_{gd} (0.135 + I_p/2100)$

Tabla 27 Factor de ajuste por vueltas a la derecha (P_{gd})

Fuente: Manual de capacidad de carreteras-HCM 2000

4.1.3 Procedimiento para calcular el ciclo semafórico

Los semáforos tienen el potencial de brindar una variedad de beneficios, siempre que se instalen y operen correctamente. No obstante, si uno o varios de los semáforos no funcionan correctamente, la circulación se verá obstaculizada. Esto se aplica tanto a los vehículos como a los peatones. (Cal, Reyes, & James, Ingeniería de Tránsito, 2018)

Es imperativo realizar un análisis exhaustivo de la intersección, así como del flujo de tránsito actual, antes de seleccionar y poner en funcionamiento un semáforo. Ya en funcionamiento, es importante comprobar que éste responda a las necesidades del tránsito, de lo contrario se deben realizar los ajustes pertinentes. (Cal, Reyes, & James, Ingeniería de Tránsito, 2018)

Los valores menores a 35 o mayores a 150 segundos se adaptan difícilmente a la comprensión del usuario, por lo que se tienden a evadir. Además, es de suma importancia tener en cuenta que el tiempo mínimo que se obtenga sea suficiente para que los peatones crucen la calzada. Considerando adicionalmente que la longitud de un ciclo está entre el 75% y el 150% del ciclo óptimo. (Cal, Reyes, & James, Ingeniería de Tránsito, 2018)

Tiempo óptimo de ciclo

De acuerdo con la investigación de FV Webster, que se basa tanto en observaciones de campo como en simulaciones por computadora de una gran variedad de circunstancias de tráfico, es posible adquirir la menor cantidad de demora para todos los vehículos en un cruce con semáforos ajustando la duración del ciclo. (Cal, Reyes, & James, Ingeniería de Tránsito, 2018)

$$C_o = \frac{1.5L + 5}{1 - \sum_{i=1}^{\varphi} Y_i}$$

Ecuación 15 Tiempo óptimo de ciclo

Fuente: Cal, Reyes, & James, Ingeniería de Tránsito, 2018

Donde:

C_o : tiempo óptimo de ciclo (s)

L : tiempo total perdido por ciclo (s)

Y_i : máximo valor de la relación entre el flujo actual y el flujo de saturación para el acceso o movimiento o carril crítico de la fase i

φ : número de fases

– **Tiempo total perdido por ciclo**

$$L = \sum_{i=1}^{\varphi} (A_i + TR_i)$$

Ecuación 16 Tiempo total perdido por ciclo

Fuente: Cal, Reyes, & James, Ingeniería de Tránsito, 2018

Donde:

A_i : amarillo

TR_i : todo rojo

– **Intervalo de cambio de fase= Amarillo + Todo Rojo**

Alertar a los usuarios de un cambio en la asignación del derecho de uso del cruce es el objetivo principal del intervalo de cambio de fase en lo que respecta a la intersección. (Cal, Reyes, & James, Ingeniería de Tránsito, 2018)

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

Ecuación 17 Intervalo de cambio de fase= Amarillo + Todo Rojo

Fuente: Cal, Reyes, & James, Ingeniería de Tránsito, 2018

Donde:

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

t: tiempo de percepción-reacción del conductor (usualmente 1 segundo)

v: velocidad de aceleración de los vehículos (m/s)

a: tasa de desaceleración (valor usual 3.05m/s²)

w: ancho del cruce peatonal

W: ancho de la intersección a cruzar (m)

L: longitud del vehículo (valor típico 6.10m)

La velocidad de aproximación en las intersecciones estudiadas es de 50km/h para fines prácticos presentaremos está en unidades de m/s:

$$\frac{50Km}{h} * \frac{1000m}{1km} * \frac{1h}{3600seg} = \frac{13.89m}{s}$$

– **Máximas relaciones de flujo actual v a flujo de saturación s por carril para cada fase**

$$Y_i = \frac{v_i \text{ máx}}{s}$$

Ecuación 18 Máximas relaciones de flujo actual v a flujo de saturación s por carril

Fuente: Cal, Reyes, & James, Ingeniería de Tránsito, 2018

Donde

$v_{i \text{ máx}}$: representa el flujo crítico o máximo por carril de la fase i

s : flujo de saturación

4.2 Análisis de las intersecciones

4.2.1 Intersección 1: Av. Leopoldo Freire / Primera Constituyente y Eloy Alfaro

Análisis del flujo vehicular

Hora efectiva: 07:00-08:00 AM

Periodo (horas: minutos)	Volumen cada 15 minutos (Q15) (Vehículos mixtos)
07:00-07:15 AM	970
07:15-07:30 AM	729
07:30-07:45 AM	546
07:45-08:00 AM	789

Tabla 28 Volúmenes cada 15 minutos Av. Leopoldo Freire/ Primera Constituyente y Eloy Alfaro 07:00-08:00AM

Fuente: Cal, Reyes, & James, 1994

Cálculo tasa de flujo por periodo

$$q_1 = \frac{N_1}{T_1} = \frac{970 \text{ veh}}{15 \text{ min}} \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \right) = 3880 \text{ veh/h}$$

$$q_2 = \frac{N_2}{T_2} = \frac{729 \text{ veh}}{15 \text{ min}} \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \right) = 2916 \text{ veh/h}$$

$$q_3 = \frac{N_3}{T_3} = \frac{546 \text{ veh}}{15 \text{ min}} \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \right) = 2184 \text{ veh/h}$$

$$q_4 = \frac{N_4}{T_4} = \frac{789 \text{ veh}}{15 \text{ min}} \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \right) = 3156 \text{ veh/h}$$

Cálculo del volumen horario

Para la hora efectiva de las 07:00 a las 08:00, el volumen es:

$$Q = Q_{15(1)} + Q_{15(2)} + Q_{15(3)} + Q_{15(4)}$$

$$Q = 970 + 729 + 546 + 789$$

$$Q = 3034 \text{ veh/h}$$

Este volumen horario referido a un período de 15 minutos (0.25 horas) es:

$$Q_{15} = 3034(\text{veh/h}) \left(\frac{0.25 \text{ h}}{15 \text{ min}} \right) = \frac{759 \text{ veh}}{15 \text{ min}}$$

A continuación, se presenta una gráfica en la cual se muestran los diferentes volúmenes, así como el volumen horario referido a periodos de 15 minutos.

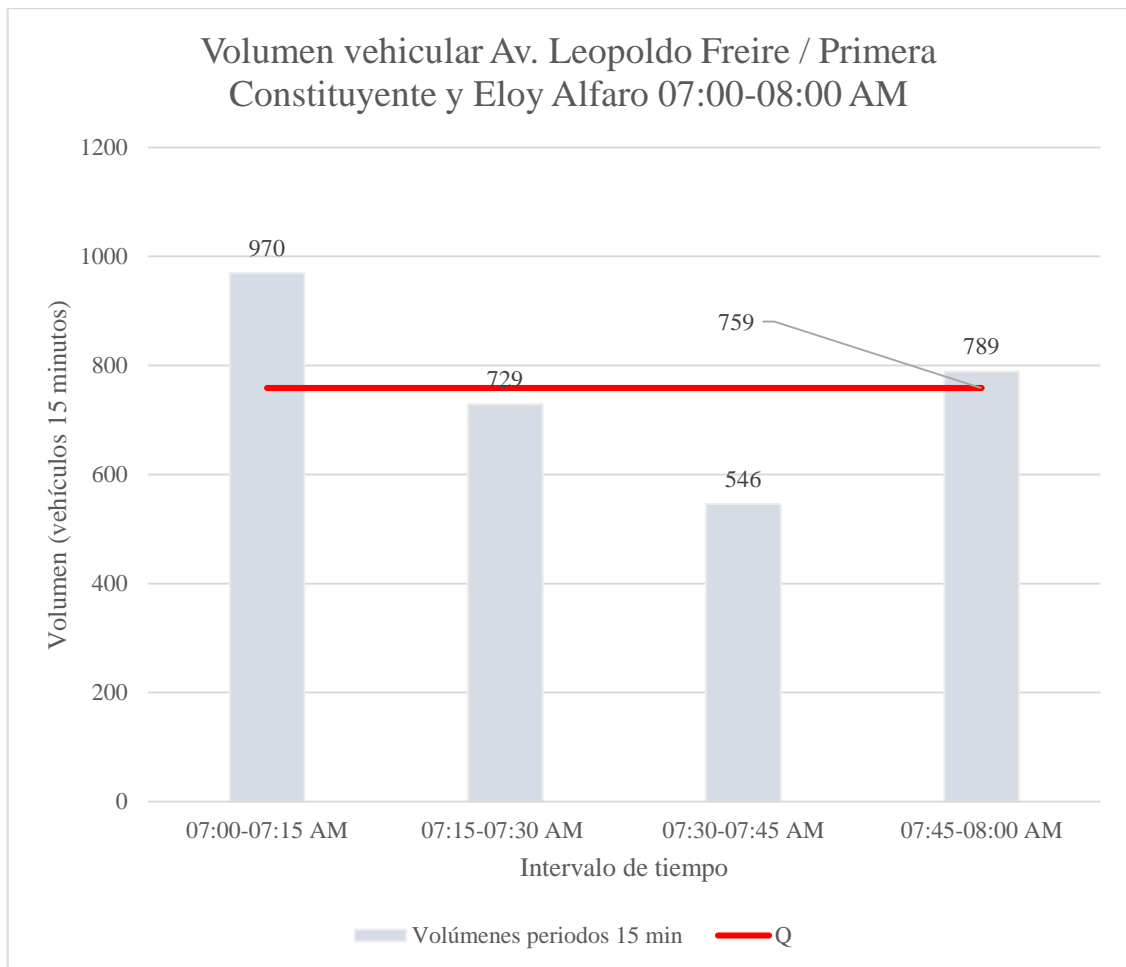


Gráfico 1 Volúmenes cada 15 minutos Av. Leopoldo Freire/ Primera Constituyente y Eloy Alfaro 07:00-08:00AM

Fuente: Elaboración propia

Hora efectiva: 12:30-13:30 PM

Periodo (horas: minutos)	Volumen cada 15 minutos (Q15) (Vehículos mixtos)
12:30-12:45 PM	604
12:45-13:00 PM	563
13:00-13:15 PM	539
13:15-13:30 PM	457

Tabla 29 Volúmenes cada 15 minutos Av. Leopoldo Freire/ Primera Constituyente y Eloy Alfaro 12:30-13:30 PM

Fuente: Cal, Reyes, & James, 1994

Cálculo tasa de flujo por periodo

$$q_1 = \frac{N_1}{T_1} = \frac{604 \text{ veh}}{15 \text{ min}} \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \right) = 2416 \text{ veh/h}$$

$$q_2 = \frac{N_2}{T_2} = \frac{563 \text{ veh}}{15 \text{ min}} \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \right) = 2252 \text{ veh/h}$$

$$q_3 = \frac{N_3}{T_3} = \frac{539 \text{ veh}}{15 \text{ min}} \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \right) = 2156 \text{ veh/h}$$

$$q_4 = \frac{N_4}{T_4} = \frac{457 \text{ veh}}{15 \text{ min}} \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \right) = 1828 \text{ veh/h}$$

Cálculo del volumen horario

Para la hora efectiva de las 12:30 a las 13:30, el volumen es:

$$Q = Q_{15(1)} + Q_{15(2)} + Q_{15(3)} + Q_{15(4)}$$

$$Q = 604 + 563 + 539 + 457$$

$$Q = 2163 \text{ veh/h}$$

Este volumen horario referido a un período de 15 minutos (0.25 horas) es:

$$Q_{15} = 2163(\text{veh/h}) \left(\frac{0.25 \text{ h}}{15 \text{ min}} \right) = \frac{541 \text{ veh}}{15 \text{ min}}$$

A continuación, se presenta una gráfica en la cual se muestran los diferentes volúmenes, así como el volumen horario referido a periodos de 15 minutos.

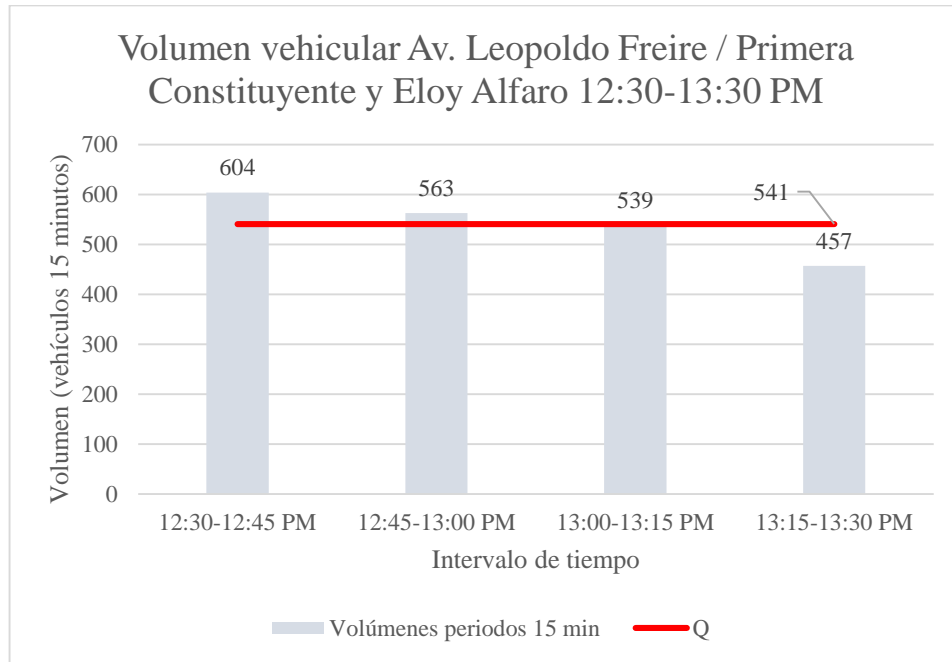


Gráfico 2 Volúmenes cada 15 minutos Av. Leopoldo Freire/ Primera Constituyente y Eloy Alfaro 12:30-13:30 PM

Fuente: Elaboración propia

Hora efectiva: 18:15-19:15 PM

Periodo (horas: minutos)	Volumen cada 15 minutos (Q15) (Vehículos mixtos)
18:15-18:30 PM	575
18:30-18:45 PM	660
18:45-19:00 PM	714
19:00-19:15 PM	797

Tabla 30 Volúmenes cada 15 minutos Av. Leopoldo Freire/ Primera Constituyente y Eloy Alfaro 18:15-19:15 PM

Fuente: Cal, Reyes, & James, 1994

Cálculo tasa de flujo por periodo

$$q_1 = \frac{N_1}{T_1} = \frac{575 \text{ veh}}{15 \text{ min}} \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \right) = 2300 \text{ veh/h}$$

$$q_2 = \frac{N_2}{T_2} = \frac{660 \text{ veh}}{15 \text{ min}} \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \right) = 2640 \text{ veh/h}$$

$$q_3 = \frac{N_3}{T_3} = \frac{714 \text{ veh}}{15 \text{ min}} \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \right) = 2856 \text{ veh/h}$$

$$q_4 = \frac{N_4}{T_4} = \frac{797 \text{ veh}}{15 \text{ min}} \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \right) = 3188 \text{ veh/h}$$

Cálculo del volumen horario

Para la hora efectiva de las 18:15 a las 19:15, el volumen es:

$$Q = Q_{15(1)} + Q_{15(2)} + Q_{15(3)} + Q_{15(4)}$$

$$Q = 575 + 660 + 714 + 797$$

$$Q = 2746 \text{ veh/h}$$

Este volumen horario referido a un período de 15 minutos (0.25 horas) es:

$$Q_{15} = 2746(\text{veh/h}) \left(\frac{0.25 \text{ h}}{15 \text{ min}} \right) = \frac{687 \text{ veh}}{15 \text{ min}}$$

A continuación, se presenta una gráfica en la cual se muestran los diferentes volúmenes, así como el volumen horario referido a periodos de 15 minutos.

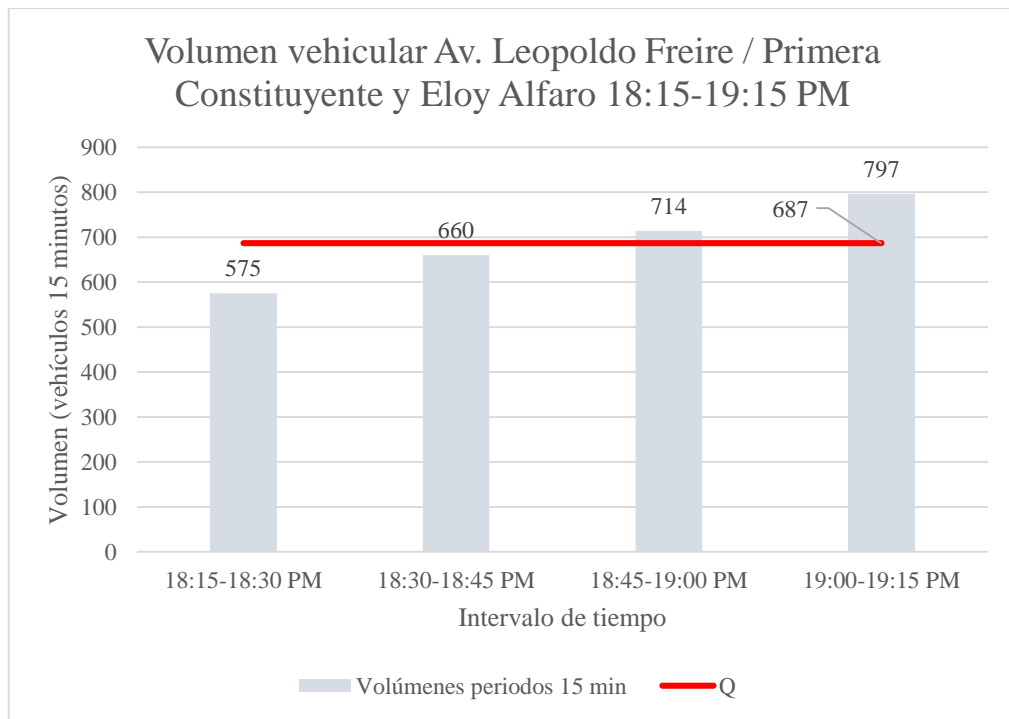


Gráfico 3 Volúmenes cada 15 minutos Av. Leopoldo Freire/ Primera Constituyente y Eloy Alfaro 18:15-19:15PM

Fuente: Elaboración propia

Análisis global

Periodo (horas)	Volumen cada 60 minutos (Q60) (Vehículos mixtos)
07:00-08:00 AM	3034
12:30-13:30 PM	2163
18:15-19:15 PM	2746

Tabla 31 Volúmenes horas pico Av. Leopoldo Freire/ Primera Constituyente y Eloy Alfaro

Fuente: Cal, Reyes, & James, 1994

Cálculo del volumen horario

Para las horas pico, el volumen es:

$$Q = Q_{60(1)} + Q_{60(2)} + Q_{60(3)}$$

$$Q = 3034 + 2163 + 2746$$

$$Q = \frac{7943 \text{ veh}}{3 \text{ h}}$$

Este volumen horario referido a un período de 60 minutos (1 hora) es:

$$Q_{15} = \frac{7943 \text{ veh}}{3 \text{ h}} \left(\frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} \right) = \frac{2648 \text{ veh}}{60 \text{ min}}$$

A continuación, se presenta una gráfica en la cual se muestran los diferentes volúmenes, así como el volumen horario referido a periodos de 60 minutos.

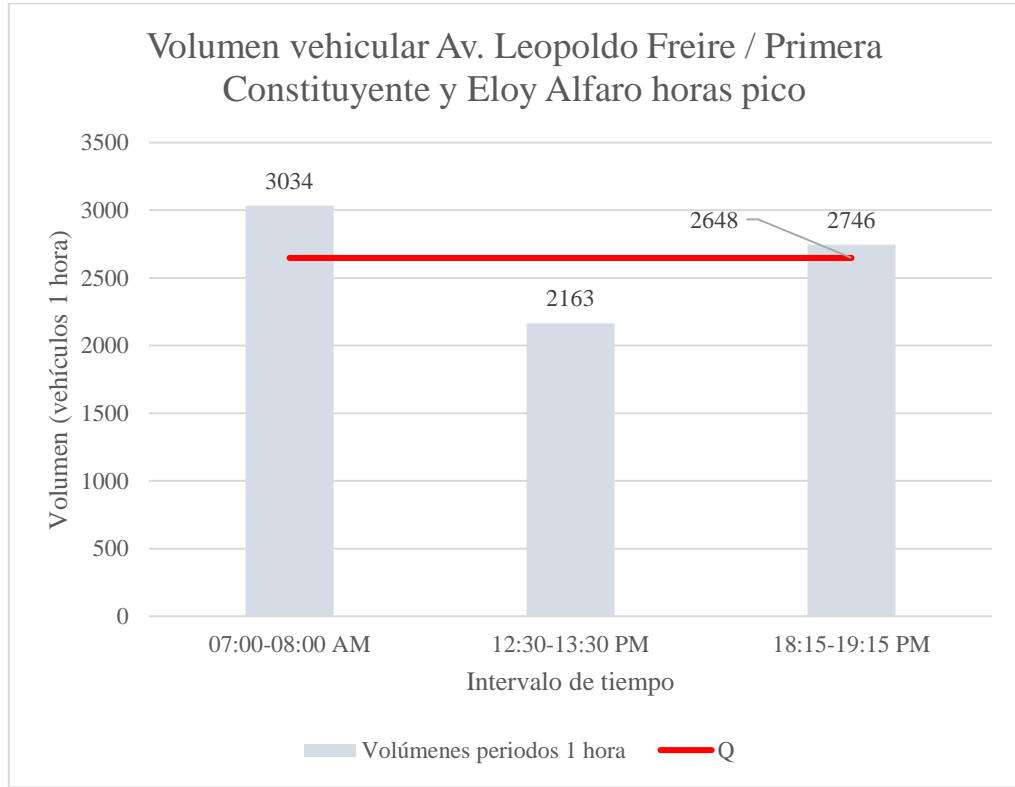


Gráfico 4 Volúmenes horas pico Av. Leopoldo Freire/ Primera Constituyente y Eloy Alfaro
Fuente: Elaboración propia

4.2.1.1 Intervalo de cambio de fase= Amarillo + Todo Rojo

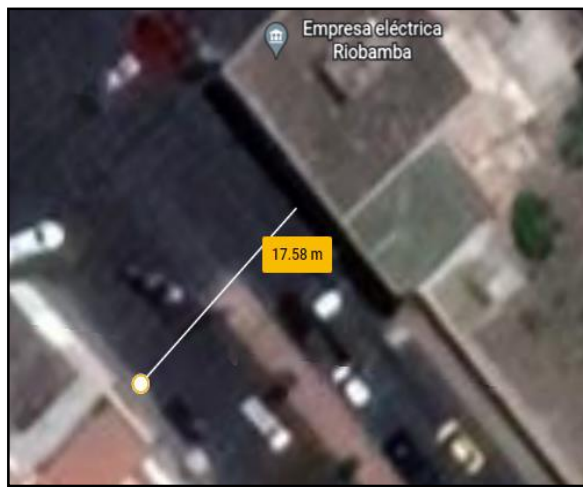


Ilustración 26 Ancho de la intersección a cruzar W1 Av. Leopoldo Freire / Primera Constituyente y Eloy Alfaro

Fuente: Google Earth

$$y1 = \left(1 + \frac{13.88m/s}{2(3.05m/s^2)}\right) + \left(\frac{3m + 17.58m + 6.10m}{13.88m/s}\right) = 5.19 s = 5 s$$

$$y1 = 3.27 + 1.92 = 5.19 s$$

$$y1 = 3 + 2 = 5 s$$

y1 = Amarillo + Todo Rojo

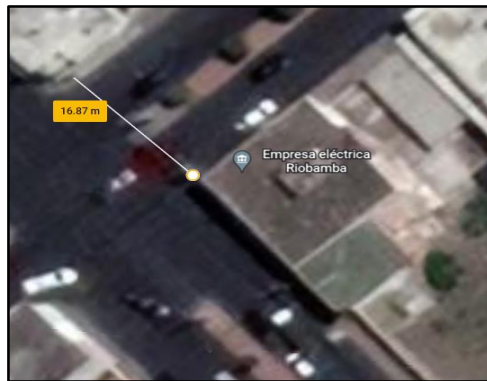


Ilustración 27 Ancho de la intersección a cruzar W2 Av. Leopoldo Freire / Primera Constituyente y Eloy Alfaro

Fuente: Google Earth

$$y2 = \left(1 + \frac{13.88m/s}{2(3.05m/s^2)}\right) + \left(\frac{3m + 16.87m + 6.10m}{13.88m/s}\right) = 5.14 s = 5 s$$

$$y2 = 3.27 + 1.87 = 5.14 s$$

$$y2 = 3 + 2 = 5 s$$

y2 = Amarillo + Todo Rojo

Fases	Tiempo en segundos								
	33	36	38	90					
F1									
F2									
F3									

Gráfico 5 Diagrama de fases intersección de la Av. Leopoldo Freire/ Primera Constituyente y Eloy Alfaro con semáforo, datos obtenidos en campo

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.2 Máximas relaciones de flujo actual v a flujo de saturación s por carril para cada fase

HORA	FASE	ACCESO	MOV	Si	Yi	$\sum y_i$
07:00-07:15 AM	1	S	E	927	0.0309	0.43
			N	1474	0.1674	
			O			
	2	E	N	1511	0.1300	
			O			
			S			
	3	O	S	1275	0.1339	
			E	1590	0.0758	
			N			
12:30-12:45 PM	1	S	E	939	0.0189	0.26
			N	1444	0.1047	
			O			
	2	E	N	1499	0.0821	
			O			
			S			
	3	O	S	1173	0.0714	
			E	1580	0.0558	
			N			
19:00-19:15 PM	1	S	E	988	0.0259	0.36
			N	1476	0.1342	
			O			
	2	E	N	1488	0.1089	
			O			
			S			
	3	O	S	1242	0.1143	
			E	1609	0.0595	
			N			

Tabla 32 Máximas relaciones de flujo actual v a flujo de saturación s Av. Leopoldo Freire / Primera Constituyente y Eloy Alfaro

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.3 Tiempo total perdido por ciclo

$$L = (3 + 2) + (3 + 2) + (3 + 2) = 15 \text{ s}$$

4.2.1.4 *Tiempo óptimo de ciclo*

Hora 7:00-8:30 AM

$$C_o = \frac{1.5(15\text{ s}) + 5}{1 - 0.43} = 50\text{ s}$$

$$75\% = 40\text{ s}$$

$$150\% = 75\text{ s}$$

Hora 12:30-13:30 PM

$$C_o = \frac{1.5(15\text{ s}) + 5}{1 - 0.26} = 35\text{ s}$$

$$75\% = 25\text{ s}$$

$$150\% = 50\text{ s}$$

Hora 18:15-19:15 PM

$$C_o = \frac{1.5(15\text{ s}) + 5}{1 - 0.36} = 40\text{ s}$$

$$75\% = 30\text{ s}$$

$$150\% = 60\text{ s}$$

4.2.2 Intersección 2: Av. La Prensa con Av. Daniel León Borja / Av. Canónico Ramos

4.2.2.1 Análisis del flujo vehicular

Hora efectiva: 07:00-08:00 AM

Periodo (horas: minutos)	Volumen cada 15 minutos (Q15) (Vehículos mixtos)
07:00-07:15 AM	1133
07:15-07:30 AM	505
08:30-07:45 AM	568
07:45-08:00 AM	945

Tabla 33 Volúmenes cada 15 minutos Av. La Prensa con Av. Daniel León Borja / Av. Canónico Ramos 7:00-8:00 AM

Fuente: Cal, Reyes, & James, 1994

Cálculo tasa de flujo por periodo

$$q_1 = \frac{N_1}{T_1} = \frac{1133 \text{ veh}}{15 \text{ min}} \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \right) = 4532 \text{ veh/h}$$

$$q_2 = \frac{N_2}{T_2} = \frac{505 \text{ veh}}{15 \text{ min}} \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \right) = 2020 \text{ veh/h}$$

$$q_3 = \frac{N_3}{T_3} = \frac{568 \text{ veh}}{15 \text{ min}} \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \right) = 2272 \text{ veh/h}$$

$$q_4 = \frac{N_4}{T_4} = \frac{945 \text{ veh}}{15 \text{ min}} \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \right) = 3780 \text{ veh/h}$$

Cálculo del volumen horario

Para la hora efectiva de las 07:00 a las 08:00, el volumen es:

$$Q = Q_{15(1)} + Q_{15(2)} + Q_{15(3)} + Q_{15(4)}$$

$$Q = 1133 + 505 + 568 + 945$$

$$Q = 3151 \text{ veh/h}$$

Este volumen horario referido a un período de 15 minutos (0.25 horas) es:

$$Q_{15} = 3151 (\text{veh/h}) \left(\frac{0.25 \text{ h}}{15 \text{ min}} \right) = \frac{788 \text{ veh}}{15 \text{ min}}$$

A continuación, se presenta una gráfica en la cual se muestran los diferentes volúmenes, así como el volumen horario referido a periodos de 15 minutos.

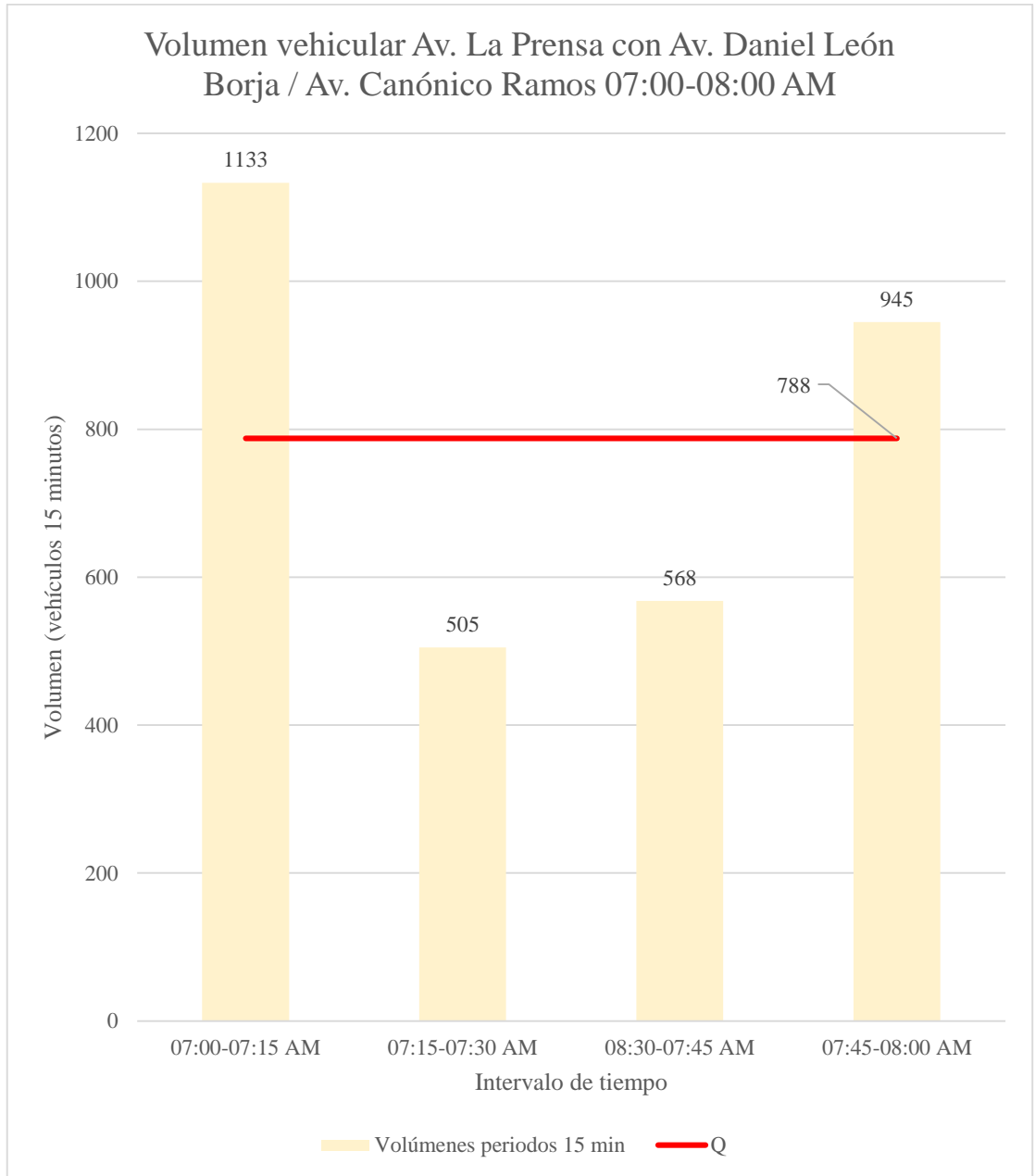


Gráfico 6 Volúmenes cada 15 minutos Av. La Prensa con Av. Daniel León Borja / Av. Canónico Ramos 7:00-8:00 AM

Fuente: Elaboración propia

Hora efectiva: 12:30-13:30 PM

Periodo (horas: minutos)	Volumen cada 15 minutos (Q15) (Vehículos mixtos)
12:30-12:45 PM	715
12:45-13:00 PM	607
13:00-13:15 PM	688
13:15-13:30 PM	635

Tabla 34 Volúmenes cada 15 minutos Av. La Prensa con Av. Daniel León Borja / Av. Canónico Ramos 12:30-13:30 PM

Fuente: Cal, Reyes, & James, 1994

Cálculo tasa de flujo por periodo

$$q_1 = \frac{N_1}{T_1} = \frac{715 \text{ veh}}{15 \text{ min}} \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \right) = 2860 \text{ veh/h}$$

$$q_2 = \frac{N_2}{T_2} = \frac{607 \text{ veh}}{15 \text{ min}} \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \right) = 2428 \text{ veh/h}$$

$$q_3 = \frac{N_3}{T_3} = \frac{688 \text{ veh}}{15 \text{ min}} \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \right) = 2752 \text{ veh/h}$$

$$q_4 = \frac{N_4}{T_4} = \frac{635 \text{ veh}}{15 \text{ min}} \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \right) = 2540 \text{ veh/h}$$

Cálculo del volumen horario

Para la hora efectiva de las 12:30 a las 13:30, el volumen es:

$$Q = Q_{15(1)} + Q_{15(2)} + Q_{15(3)} + Q_{15(4)}$$

$$Q = 715 + 607 + 688 + 635$$

$$Q = 2645 \text{ veh/h}$$

Este volumen horario referido a un período de 15 minutos (0.25 horas) es:

$$Q_{15} = 2645 (\text{veh/h}) \left(\frac{0.25 \text{ h}}{15 \text{ min}} \right) = \frac{662 \text{ veh}}{15 \text{ min}}$$

A continuación, se presenta una gráfica en la cual se muestran los diferentes volúmenes, así como el volumen horario referido a periodos de 15 minutos.

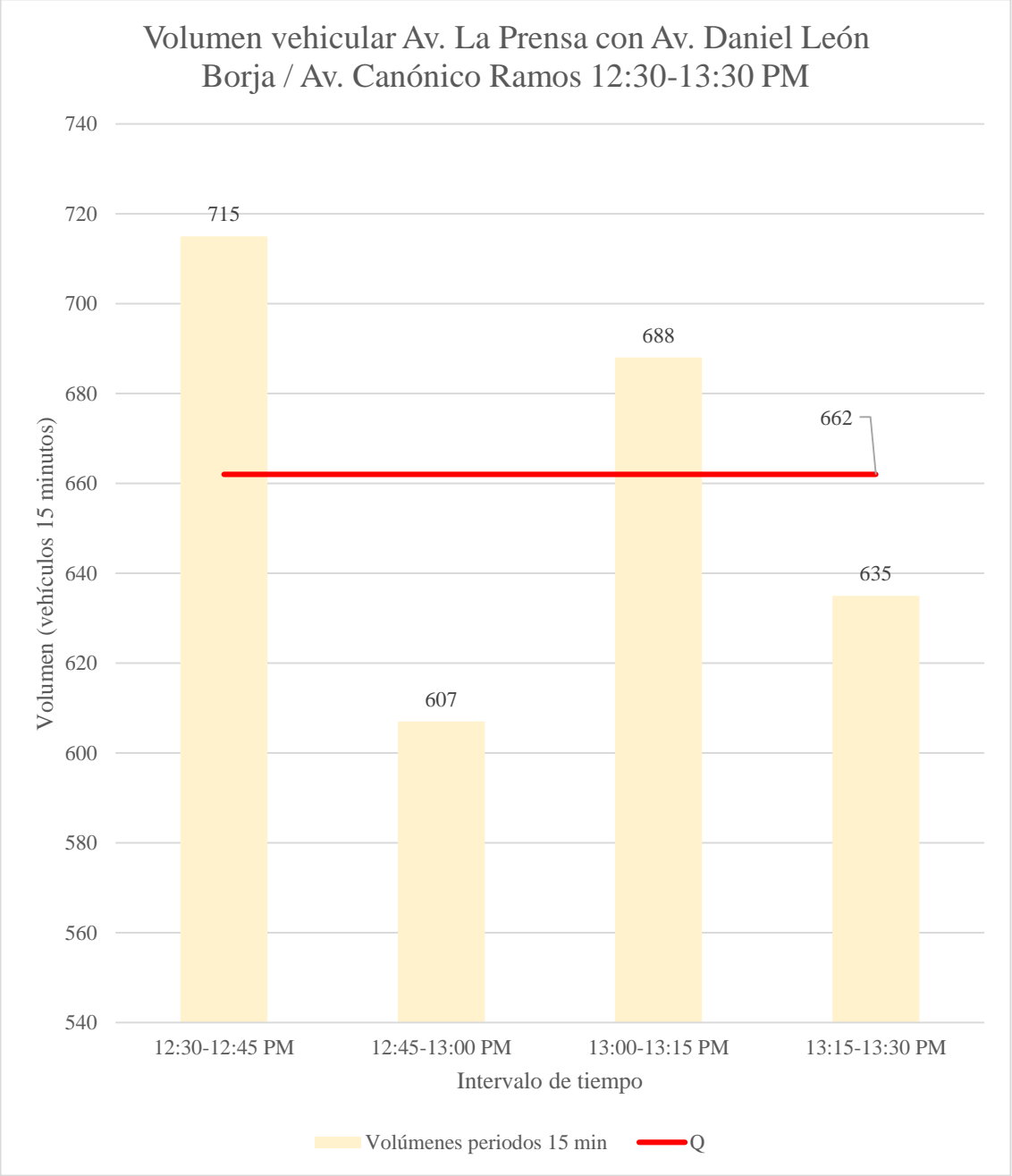


Gráfico 7 Volúmenes cada 15 minutos Av. La Prensa con Av. Daniel León Borja / Av. Canónico Ramos 12:30-13:30 PM

Fuente: Elaboración propia

Hora efectiva: 18:15-19:15 PM

Periodo (horas: minutos)	Volumen cada 15 minutos (Q15) (Vehículos mixtos)
18:15-18:30 PM	806
18:30-18:45 PM	925
18:45-19:00 PM	657
19:00-19:15 PM	597

Tabla 35 Volúmenes cada 15 minutos Av. La Prensa con Av. Daniel León Borja / Av. Canónico Ramos 18:15-19:15 PM

Fuente: Cal, Reyes, & James, 1994

Cálculo tasa de flujo por periodo

$$q_1 = \frac{N_1}{T_1} = \frac{806 \text{ veh}}{15 \text{ min}} \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \right) = 3224 \text{ veh/h}$$

$$q_2 = \frac{N_2}{T_2} = \frac{925 \text{ veh}}{15 \text{ min}} \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \right) = 3700 \text{ veh/h}$$

$$q_3 = \frac{N_3}{T_3} = \frac{657 \text{ veh}}{15 \text{ min}} \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \right) = 2628 \text{ veh/h}$$

$$q_4 = \frac{N_4}{T_4} = \frac{597 \text{ veh}}{15 \text{ min}} \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \right) = 2388 \text{ veh/h}$$

Cálculo del volumen horario

Para la hora efectiva de las 18:15 a las 19:15, el volumen es:

$$Q = Q_{15(1)} + Q_{15(2)} + Q_{15(3)} + Q_{15(4)}$$

$$Q = 806 + 925 + 657 + 597$$

$$Q = 2985 \text{ veh/h}$$

Este volumen horario referido a un período de 15 minutos (0.25 horas) es:

$$Q_{15} = 2985(\text{veh/h}) \left(\frac{0.25 \text{ h}}{15 \text{ min}} \right) = \frac{747 \text{ veh}}{15 \text{ min}}$$

A continuación, se presenta una gráfica en la cual se muestran los diferentes volúmenes, así como el volumen horario referido a periodos de 15 minutos.

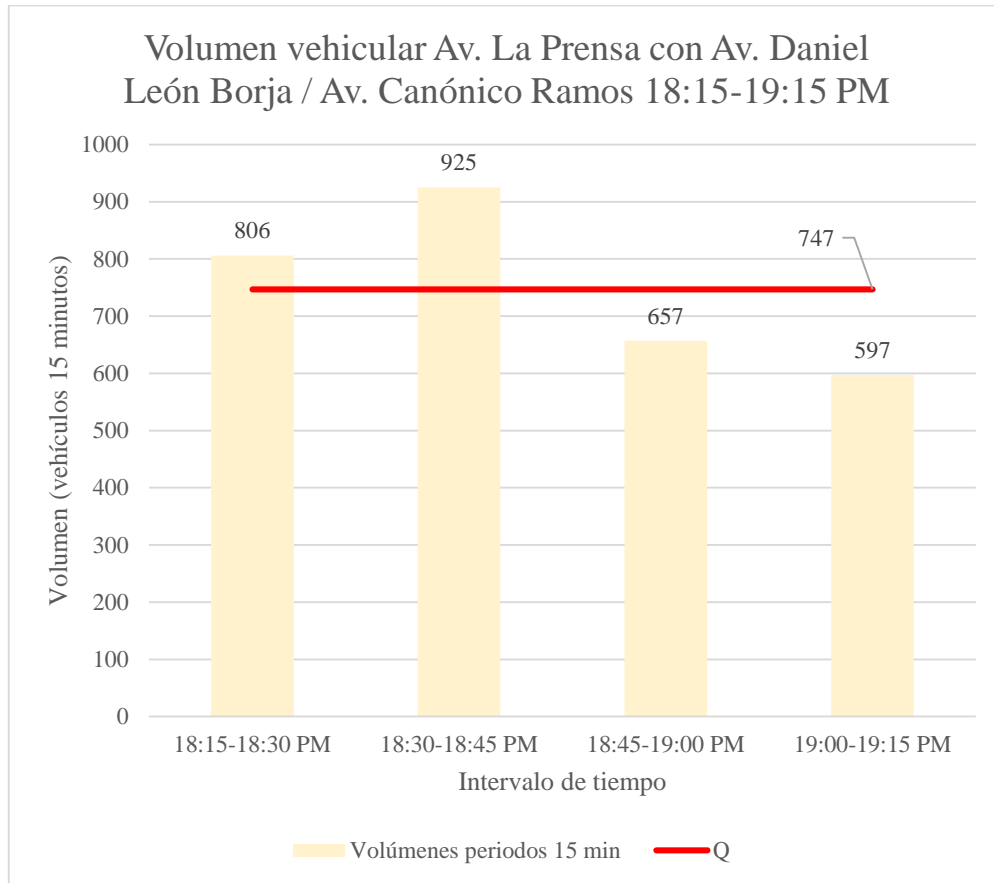


Gráfico 8 Volúmenes cada 15 minutos Av. La Prensa con Av. Daniel León Borja / Av. Canónico Ramos 18:15-19:15 PM

Fuente: Elaboración propia

Análisis global

Periodo (horas)	Volumen cada 60 minutos (Q60) (Vehículos mixtos)
07:00-08:00 AM	3151
12:30-13:30 PM	2645
18:15-19:15 PM	2985

Tabla 36 Volúmenes horas pico Av. La Prensa con Av. Daniel León Borja / Av. Canónico Ramos

Fuente: Cal, Reyes, & James, 1994

Cálculo del volumen horario

Para las horas pico, el volumen es:

$$Q = Q_{60(1)} + Q_{60(2)} + Q_{60(3)}$$

$$Q = 3151 + 2645 + 2985$$

$$Q = \frac{8781 \text{ veh}}{3 \text{ h}}$$

Este volumen horario referido a un período de 60 minutos (1 hora) es:

$$Q_{15} = \frac{8781 \text{ veh}}{3 \text{ h}} \left(\frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} \right) = \frac{2927 \text{ veh}}{60 \text{ min}}$$

A continuación, se presenta una gráfica en la cual se muestran los diferentes volúmenes, así como el volumen horario referido a periodos de 60 minutos.

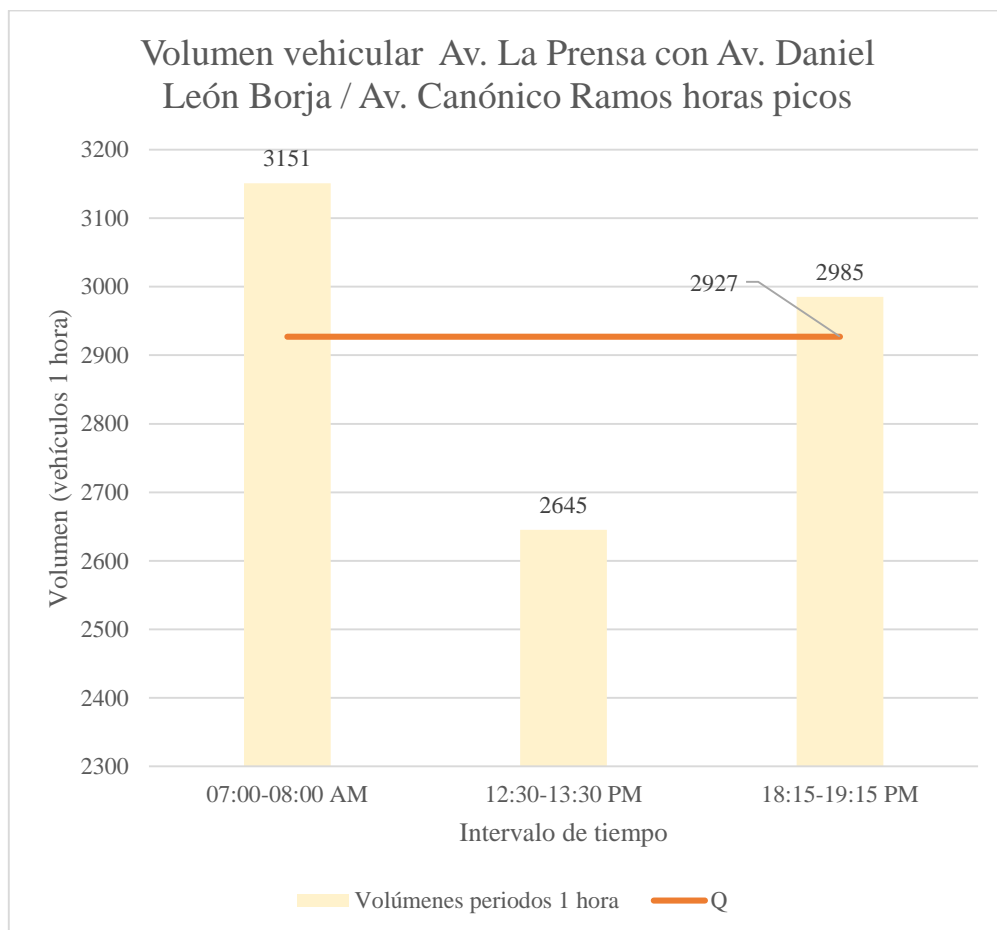


Gráfico 9 Volúmenes horas pico Av. La Prensa con Av. Daniel León Borja / Av. Canónico Ramos

Fuente: Elaboración propia

4.2.2.2 Intervalo de cambio de fase= Amarillo + Todo Rojo

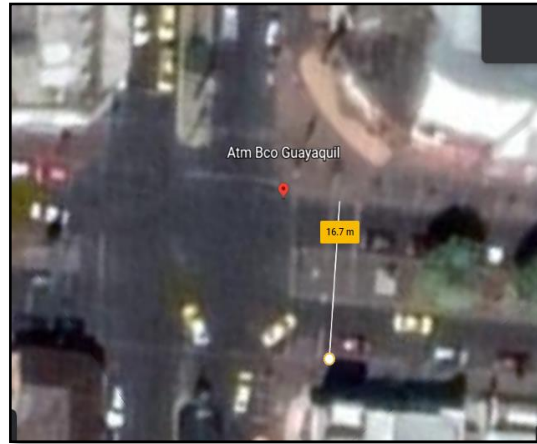


Ilustración 28 Ancho de la intersección a cruzar W1 Av. La Prensa con Av. Daniel León Borja / Av. Canónico Ramos

Fuente: Google Earth

$$y1 = \left(1 + \frac{13.88m/s}{2(3.05m/s^2)}\right) + \left(\frac{3m + 16.7m + 6.10m}{13.88m/s}\right) = 5.12 s = 5 s$$

$$y1 = 3.27 + 1.85 = 5.12 s$$

$$y1 = 3 + 2 = 5 s$$

$y1 = \text{Amarillo} + \text{Todo Rojo}$

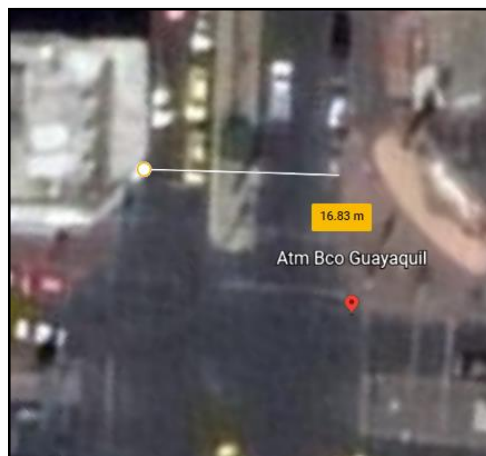


Ilustración 29 Ancho de la intersección a cruzar W2 Av. La Prensa con Av. Daniel León Borja / Av. Canónico Ramos

Fuente: Google Earth

$$y2 = \left(1 + \frac{13.88m/s}{2(3.05m/s^2)}\right) + \left(\frac{3m + 16.83m + 6.10m}{13.88m/s}\right) = 5.12 s = 5 s$$

$$y2 = 3.27 + 1.87 = 5.14 s$$

$$y1 = 3 + 2 = 5 s$$

$y2 = \text{Amarillo} + \text{Todo Rojo}$

Fases	Tiempo en segundos										
	26		29	31	92						
F1											
	29			31	62		65	67	90		
F2											
	29			31	65		67	87		90	92
F3											

Gráfico 10 Diagrama de fases intersección de la Av. La Prensa con Av. Daniel León Borja / Av. Canónico Ramos con semáforo, datos obtenidos en campo

Fuente: Elaboración propia

4.2.2.3 Máximas relaciones de flujo actual v a flujo de saturación s por carril para cada fase

HORA	FASE	ACCESO	MOV	Si	Yi	$\sum Y_i$
07:00-07:15 AM	1	N	O	1266	0.0499	0.3368
			S	996	0.1179	
			E			
	2	S	E	1222	0.0499	
			N	1017	0.0863	
			O	1292	0.0524	
	3	E	O	1418	0.0895	
			S	1084	0.0556	
			S			
			N			

12:30-12:45 PM	1	N	O	1266	0.0278	0.2189
			S	1275	0.0795	
			E			
	S	E	1250	0.0303		
		N	1410	0.0532		
		O				
	2	E	N	1292	0.0297	
			O	1413	0.0568	
			S			
3	O	S	1090	0.0373		
		E	1419	0.0826		
		N				
18:30-18:45 PM	1	N	O	1266	0.0404	0.2674
			S	1141	0.0905	
			E			
	S	E	1229	0.0429		
		N	1235	0.0700		
		O				
	2	E	N	1292	0.0423	
			O	1424	0.0753	
			S			
3	O	S	1096	0.0537		
		E	1424	0.1016		
		N				

Tabla 37 Máximas relaciones de flujo actual v a flujo de saturación s Av. Daniel León Borja / Av. Canónico Ramos

Fuente: Elaboración propia

4.2.2.4 Tiempo total perdido por ciclo

$$L = (3 + 2) + (3 + 2) + (3 + 2) = 15 \text{ s}$$

4.2.2.5 Tiempo óptimo de ciclo

Hora 7:00-8:00 AM

$$C_o = \frac{1.5(15 \text{ s}) + 5}{1 - 0.33} = 40 \text{ s}$$

75%= 30 s

150%=60 s

Hora 12:30-13:30 PM

$$C_o = \frac{1.5(15\text{ s}) + 5}{1 - 0.21} = 35\text{ s}$$

75%= 25 s
150%=50 s

Hora 18:15-19:15 PM

$$C_o = \frac{1.5(15\text{ s}) + 5}{1 - 0.26} = 35\text{ s}$$

75%= 25 s
150%=50 s

4.2.3 Intersección 3: Av. Pedro Vicente Maldonado y E35 (Sector Media Luna)

4.2.3.1 Análisis del flujo vehicular

Hora efectiva: 07:00-08:00 AM

Periodo (horas: minutos)	Volumen cada 15 minutos (Q15) (Vehículos mixtos)
07:00-07:15 AM	533
07:15-07:30 AM	591
07:30-07:45 AM	623
07:45-08:00 AM	607

Tabla 38 Volúmenes cada 15 minutos Av. Pedro Vicente Maldonado y E35 (Sector Media Luna) 7:00-8:00 AM

Fuente: Cal, Reyes, & James, 1994

Cálculo tasa de flujo por periodo

$$q_1 = \frac{N_1}{T_1} = \frac{533\text{ veh}}{15\text{ min}} \left(\frac{60\text{ min}}{1\text{ h}} \right) = 2132\text{ veh/h}$$

$$q_2 = \frac{N_2}{T_2} = \frac{591\text{ veh}}{15\text{ min}} \left(\frac{60\text{ min}}{1\text{ h}} \right) = 2364\text{ veh/h}$$

$$q_3 = \frac{N_3}{T_3} = \frac{623\text{ veh}}{15\text{ min}} \left(\frac{60\text{ min}}{1\text{ h}} \right) = 2492\text{ veh/h}$$

$$q_4 = \frac{N_4}{T_4} = \frac{607 \text{ veh}}{15 \text{ min}} \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \right) = 2428 \text{ veh/h}$$

Cálculo del volumen horario

Para la hora efectiva de las 07:00 a las 08:00, el volumen es:

$$Q = Q_{15(1)} + Q_{15(2)} + Q_{15(3)} + Q_{15(4)}$$

$$Q = 533 + 591 + 623 + 607$$

$$Q = 2354 \text{ veh/h}$$

Este volumen horario referido a un período de 15 minutos (0.25 horas) es:

$$Q_{15} = 2354(\text{veh/h}) \left(\frac{0.25 \text{ h}}{15 \text{ min}} \right) = \frac{589 \text{ veh}}{15 \text{ min}}$$

A continuación, se presenta una gráfica en la cual se muestran los diferentes volúmenes, así como el volumen horario referido a periodos de 15 minutos.

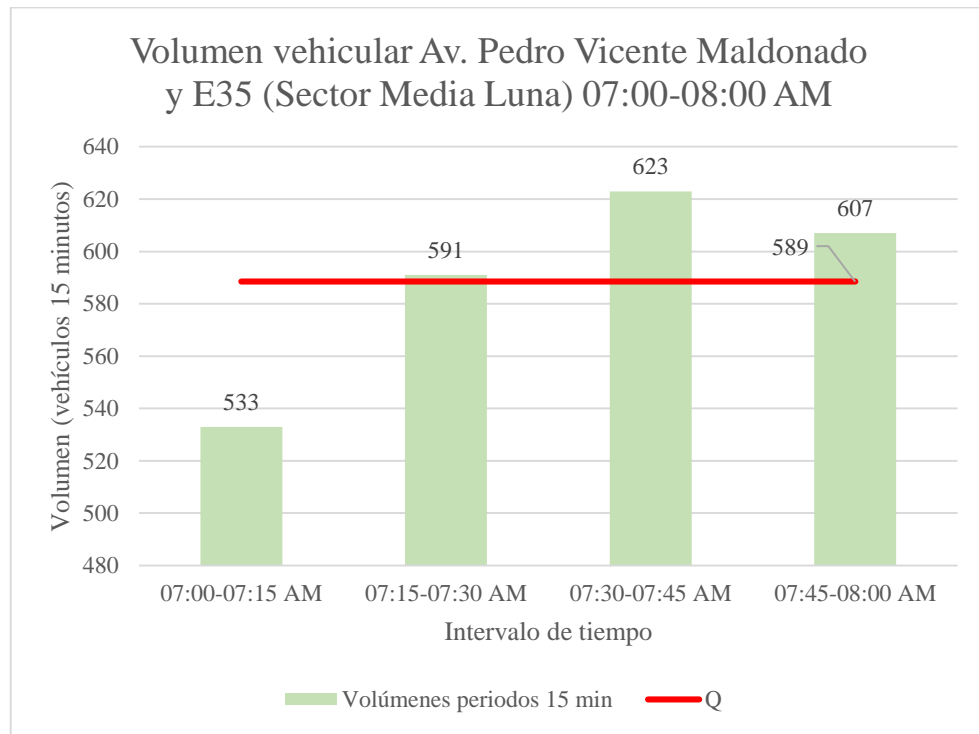


Gráfico 11 Volúmenes cada 15 minutos Av. Pedro Vicente Maldonado y E35 (Sector Media Luna) 7:00-8:00 AM

Fuente: Elaboración propia

Hora efectiva: 12:30-13:30 PM

Periodo (horas: minutos)	Volumen cada 15 minutos (Q15) (Vehículos mixtos)
12:30-12:45 PM	474
12:45-13:00 PM	512
13:00-13:15 PM	532
13:15-13:30 PM	451

Tabla 39 Volúmenes cada 15 minutos Av. Pedro Vicente Maldonado y E35 (Sector Media Luna) 12:30-13:30 PM

Fuente: Cal, Reyes, & James, 1994

Cálculo tasa de flujo por periodo

$$q_1 = \frac{N_1}{T_1} = \frac{474 \text{ veh}}{15 \text{ min}} \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \right) = 1896 \text{ veh/h}$$

$$q_2 = \frac{N_2}{T_2} = \frac{512 \text{ veh}}{15 \text{ min}} \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \right) = 2048 \text{ veh/h}$$

$$q_3 = \frac{N_3}{T_3} = \frac{532 \text{ veh}}{15 \text{ min}} \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \right) = 2128 \text{ veh/h}$$

$$q_4 = \frac{N_4}{T_4} = \frac{451 \text{ veh}}{15 \text{ min}} \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \right) = 1804 \text{ veh/h}$$

Cálculo del volumen horario

Para la hora efectiva de las 12:30 a las 13:30, el volumen es:

$$Q = Q_{15(1)} + Q_{15(2)} + Q_{15(3)} + Q_{15(4)}$$

$$Q = 474 + 512 + 532 + 451$$

$$Q = 1969 \text{ veh/h}$$

Este volumen horario referido a un período de 15 minutos (0.25 horas) es:

$$Q_{15} = 1969(\text{veh/h}) \left(\frac{0.25 \text{ h}}{15 \text{ min}} \right) = \frac{493 \text{ veh}}{15 \text{ min}}$$

A continuación, se presenta una gráfica en la cual se muestran los diferentes volúmenes, así como el volumen horario referido a periodos de 15 minutos.

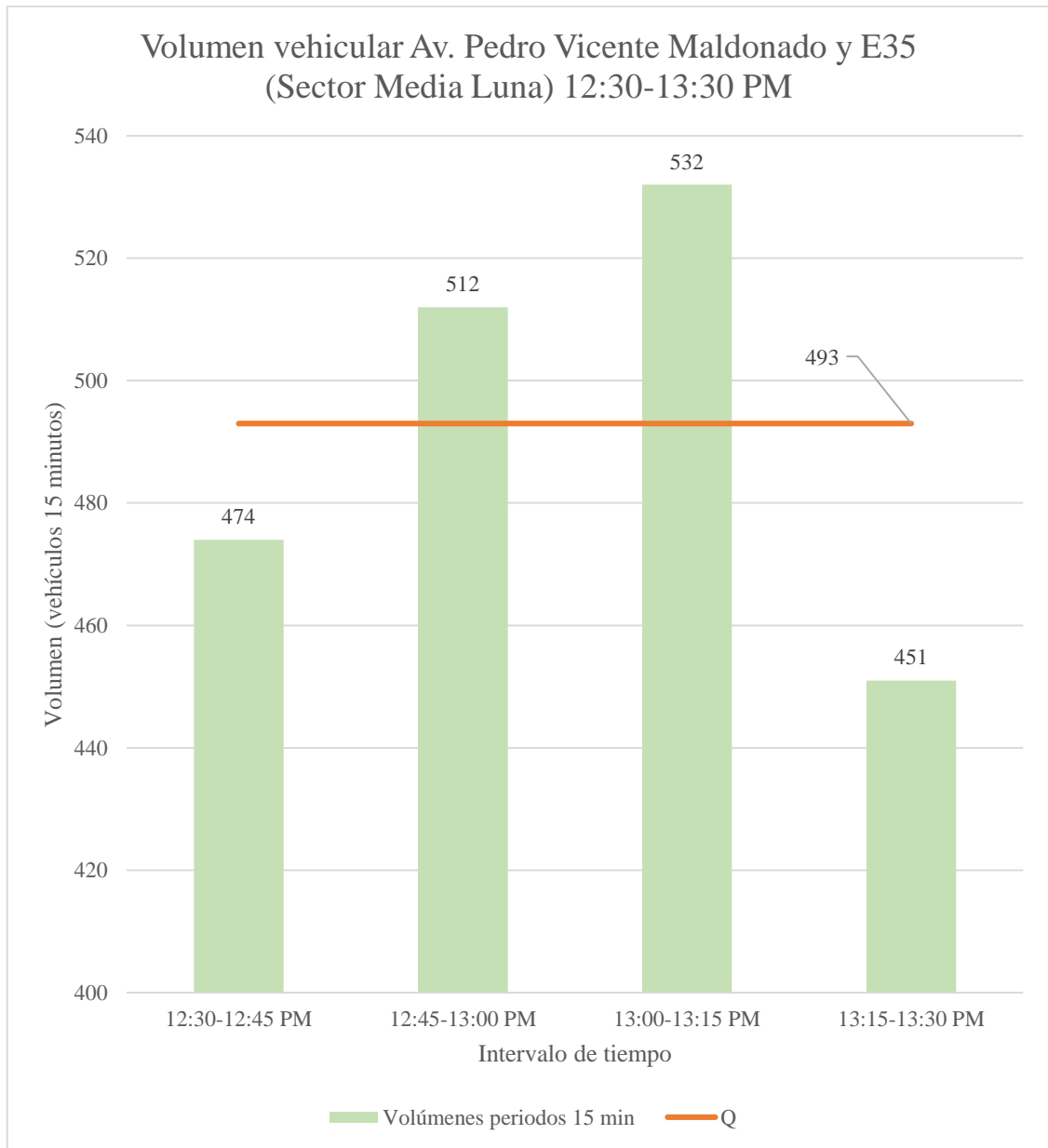


Gráfico 12 Volúmenes cada 15 minutos Av. Pedro Vicente Maldonado y E35 (Sector Media Luna) 12:30-13:30 PM

Fuente: Elaboración propia

Hora efectiva: 18:15-19:15 PM

Periodo (horas: minutos)	Volumen cada 15 minutos (Q15) (Vehículos mixtos)
18:15-18:30 PM	468
18:30-18:45 PM	510
18:45-19:00 PM	553
19:00-19:15 PM	594

Tabla 40 Volúmenes cada 15 minutos Av. Pedro Vicente Maldonado y E35 (Sector Media Luna) 18:15-19:15 PM

Fuente: Cal, Reyes, & James, 1994

Cálculo tasa de flujo por periodo

$$q_1 = \frac{N_1}{T_1} = \frac{468 \text{ veh}}{15 \text{ min}} \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \right) = 1872 \text{ veh/h}$$

$$q_2 = \frac{N_2}{T_2} = \frac{510 \text{ veh}}{15 \text{ min}} \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \right) = 2040 \text{ veh/h}$$

$$q_3 = \frac{N_3}{T_3} = \frac{553 \text{ veh}}{15 \text{ min}} \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \right) = 2212 \text{ veh/h}$$

$$q_4 = \frac{N_4}{T_4} = \frac{594 \text{ veh}}{15 \text{ min}} \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \right) = 2376 \text{ veh/h}$$

Cálculo del volumen horario

Para la hora efectiva de las 18:15 a las 19:15, el volumen es:

$$Q = Q_{15(1)} + Q_{15(2)} + Q_{15(3)} + Q_{15(4)}$$

$$Q = 468 + 510 + 553 + 594$$

$$Q = 2125 \text{ veh/h}$$

Este volumen horario referido a un período de 15 minutos (0.25 horas) es:

$$Q_{15} = 2125(\text{veh/h}) \left(\frac{0.25 \text{ h}}{15 \text{ min}} \right) = \frac{532 \text{ veh}}{15 \text{ min}}$$

A continuación, se presenta una gráfica en la cual se muestran los diferentes volúmenes, así como el volumen horario referido a periodos de 15 minutos.

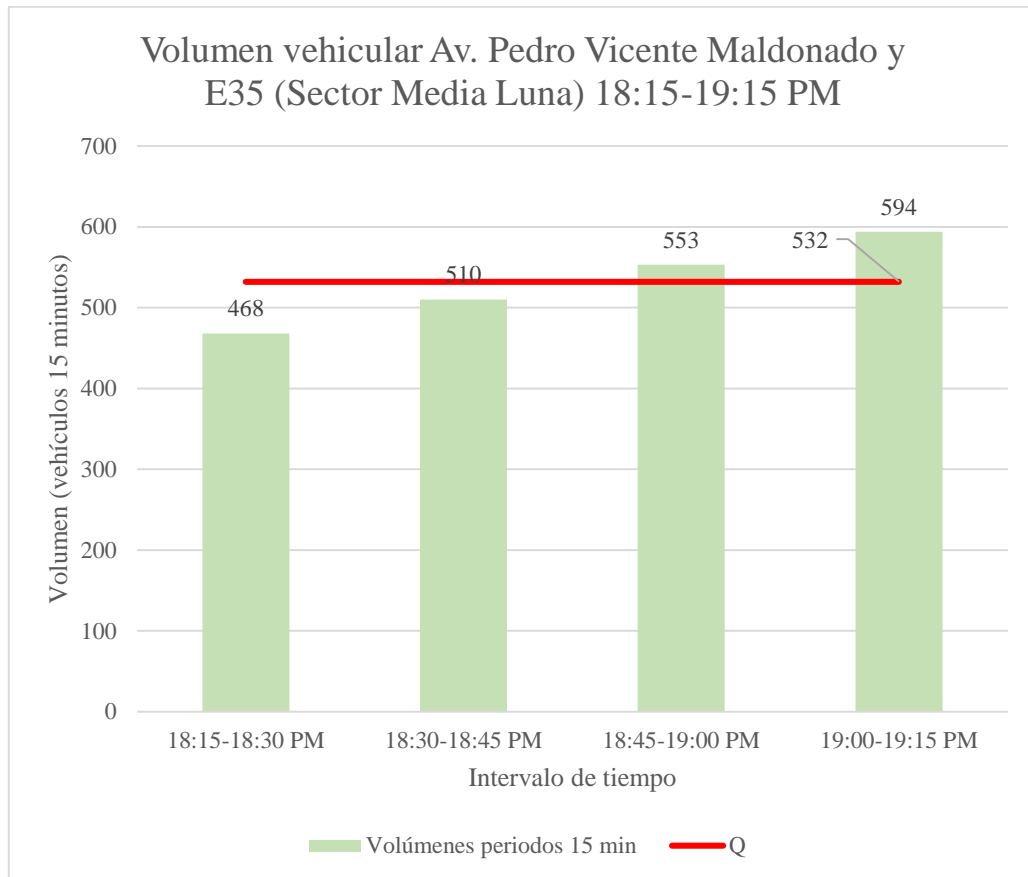


Gráfico 13 Volúmenes cada 15 minutos Av. Pedro Vicente Maldonado y E35 (Sector Media Luna) 18:15-19:15 PM

Fuente: Elaboración propia

Análisis global

Periodo (horas)	Volumen cada 60 minutos (Q60) (Vehículos mixtos)
07:00-08:00 AM	2354
12:30-13:30 PM	1969
18:15-19:15 PM	2125

Tabla 41 Volúmenes horas pico Av. Pedro Vicente Maldonado y E35 (Sector Media Luna)

Fuente: Cal, Reyes, & James, 1994

Cálculo del volumen horario

Para las horas pico, el volumen es:

$$Q = Q_{60(1)} + Q_{60(2)} + Q_{60(3)}$$

$$Q = 2354 + 1969 + 2125$$

$$Q = \frac{6448 \text{ veh}}{3 \text{ h}}$$

Este volumen horario referido a un período de 60 minutos (1 hora) es:

$$Q_{15} = \frac{6448 \text{ veh}}{3 \text{ h}} \left(\frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} \right) = \frac{2150 \text{ veh}}{60 \text{ min}}$$

A continuación, se presenta una gráfica en la cual se muestran los diferentes volúmenes, así como el volumen horario referido a periodos de 60 minutos.

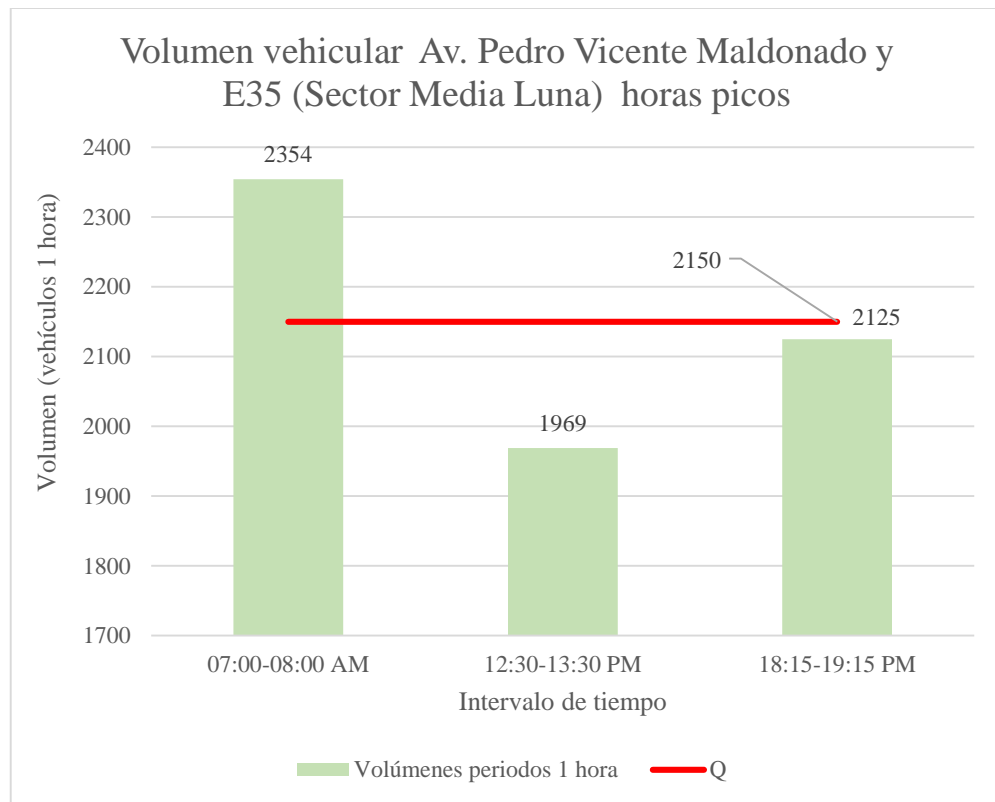


Gráfico 14 Volúmenes horas pico Av. Pedro Vicente Maldonado y E35 (Sector Media Luna)

Fuente: Elaboración propia

4.2.3.2 Intervalo de cambio de fase= Amarillo + Todo Rojo



Ilustración 30 Ancho de la intersección a cruzar W1 Av. Pedro Vicente Maldonado y E35 (Sector Media Luna)

Fuente: Google Earth

$$y1 = \left(1 + \frac{13.88m/s}{2(3.05m/s^2)}\right) + \left(\frac{3m + 20.5m + 6.10m}{13.88m/s}\right) = 5.40 s = 5 s$$

$$y1 = 3.27 + 2.13 = 5.40 s$$

$$y1 = 3 + 2 = 5 s$$

$y1 = \text{Amarillo} + \text{Todo Rojo}$



Ilustración 31 Ancho de la intersección a cruzar W2 Av. Pedro Vicente Maldonado y E35 (Sector Media Luna)

Fuente: Google Earth

$$y_2 = \left(1 + \frac{13.88m/s}{2(3.05m/s^2)}\right) + \left(\frac{3m + 17.34m + 6.10m}{13.88m/s}\right) = 5.17 s = 5 s$$

$$y_2 = 3.27 + 1.90 = 5.17 s$$

$$y_2 = 3 + 2 = 5 s$$

$y_2 = \text{Amarillo} + \text{Todo Rojo}$

Fases	Tiempo en segundos								
	29	32	34	103					
F1									
	32		34	67	70	72	101		
F2									
	32		34	70		72	98	101	103
F3									

Gráfico 15 Diagrama de fases intersección de la Av. Pedro Vicente Maldonado y E35 (Sector Media Luna) con semáforo, datos obtenidos en campo

Fuente: Elaboración propia

4.2.3.3 Máximas relaciones de flujo actual v a flujo de saturación s por carril para cada fase

HORA	FASE	ACCESO	MOV	S_i	Y_i	$\sum Y_i$
07:30-07:45 AM	1	S	E	1367	0.0322	0.2449
			N	1602	0.0763	
	2	N	S	1525	0.0563	
			E	1331	0.0682	
	3	E	N	1328	0.1004	
S			1224	0.0335		
13:00-13:15 PM	1	S	E	1341	0.0246	0.1917
			N	1472	0.0553	
	2	N	S	1509	0.0632	
			E	1421	0.0688	
	3	E	N	1256	0.0676	
S			1201	0.0328		

19:00-19:15 PM	1	S	E	1338	0.0347	0.2214
			N	1599	0.0679	
	2	N	S	1542	0.0605	
			E	1390	0.0789	
	3	E	N	1254	0.0745	
			S	1263	0.0328	

Tabla 42 Máximas relaciones de flujo actual v a flujo de saturación s Av. Pedro Vicente Maldonado y E35 (Sector Media Luna)

Fuente: Elaboración propia

4.2.3.4 Tiempo total perdido por ciclo

$$L = (3 + 2) + (3 + 2) + (3 + 2) = 15 \text{ s}$$

4.2.3.5 Tiempo óptimo de ciclo

Hora 7:00-8:00 AM

$$C_o = \frac{1.5(15 \text{ s}) + 5}{1 - 0.24} = 35 \text{ s}$$

75%= 25 s

150%=50 s

Hora 12:30-13:30 PM

$$C_o = \frac{1.5(15 \text{ s}) + 5}{1 - 0.19} = 35 \text{ s}$$

75%= 25 s

150%=50 s

Hora 18:15-19:15 PM

$$C_o = \frac{1.5(15 \text{ s}) + 5}{1 - 0.22} = 35 \text{ s}$$

75%= 25 s

150%=50 s

4.2.4 Intersección 4: Av. José Antonio de Lizarzaburu y Av. Monseñor Leónidas Proaño (By Pass)

4.2.4.1 Análisis del flujo vehicular

Hora efectiva: 07:00-08:00 AM

Periodo (horas: minutos)	Volumen cada 15 minutos (Q15) (Vehículos mixtos)
07:00-07:15 AM	838
07:15-07:30 AM	719
07:30-07:45 AM	659
07:45-08:00 AM	778

Tabla 43 Volúmenes cada 15 minutos Av. José Antonio de Lizarzaburu y Av. Monseñor Leónidas Proaño (By Pass)
07:00-08:00AM

Fuente: Cal, Reyes, & James, 1994

Cálculo tasa de flujo por periodo

$$q_1 = \frac{N_1}{T_1} = \frac{838 \text{ veh}}{15 \text{ min}} \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \right) = 3352 \text{ veh/h}$$

$$q_2 = \frac{N_2}{T_2} = \frac{719 \text{ veh}}{15 \text{ min}} \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \right) = 2876 \text{ veh/h}$$

$$q_3 = \frac{N_3}{T_3} = \frac{659 \text{ veh}}{15 \text{ min}} \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \right) = 2636 \text{ veh/h}$$

$$q_4 = \frac{N_4}{T_4} = \frac{778 \text{ veh}}{15 \text{ min}} \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \right) = 3112 \text{ veh/h}$$

Cálculo del volumen horario

Para la hora efectiva de las 07:00 a las 08:00, el volumen es:

$$Q = Q_{15(1)} + Q_{15(2)} + Q_{15(3)} + Q_{15(4)}$$

$$Q = 838 + 719 + 659 + 778$$

$$Q = 2994 \text{ veh/h}$$

Este volumen horario referido a un período de 15 minutos (0.25 horas) es:

$$Q_{15} = 2994(\text{veh}/h) \left(\frac{0.25 h}{15 \text{ min}} \right) = \frac{749 \text{ veh}}{15 \text{ min}}$$

A continuación, se presenta una gráfica en la cual se muestran los diferentes volúmenes, así como el volumen horario referido a periodos de 15 minutos.

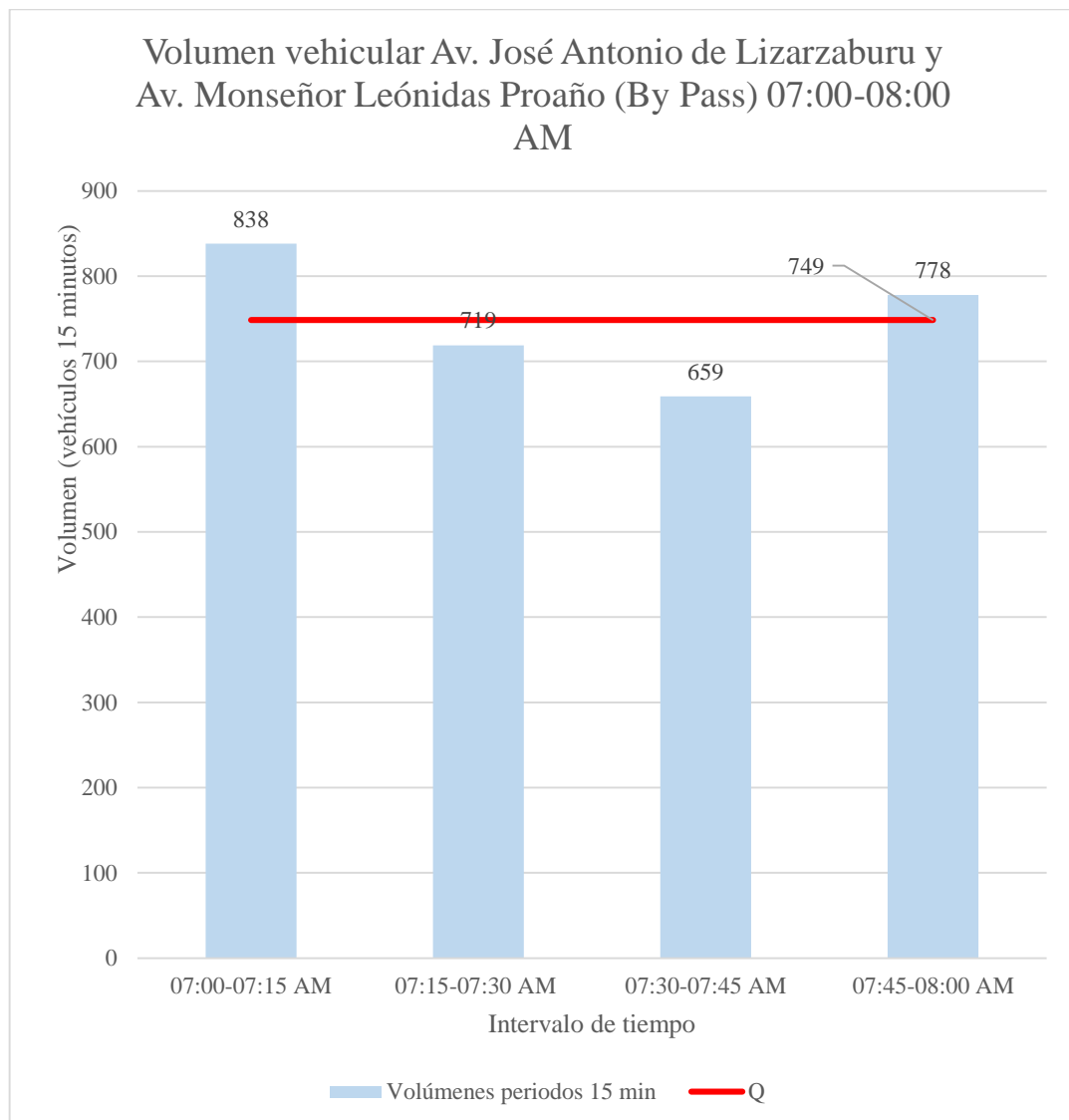


Gráfico 16 Volúmenes cada 15 minutos Av. José Antonio de Lizarzaburu y Av. Monseñor Leónidas Proaño (By Pass) 07:00-08:00AM

Fuente: Elaboración propia

Hora efectiva: 12:30-13:30 PM

Periodo (horas: minutos)	Volumen cada 15 minutos (Q15) (Vehículos mixtos)
12:30-12:45 PM	649
12:45-13:00 PM	681
13:00-13:15 PM	858
13:15-13:30 PM	770

Tabla 44 Volúmenes cada 15 minutos Av. José Antonio de Lizaraburu y Av. Monseñor Leónidas Proaño (By Pass)

12:30-13:30PM

Fuente: Cal, Reyes, & James, 1994

Cálculo tasa de flujo por periodo

$$q_1 = \frac{N_1}{T_1} = \frac{649 \text{ veh}}{15 \text{ min}} \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \right) = 2596 \text{ veh/h}$$

$$q_2 = \frac{N_2}{T_2} = \frac{681 \text{ veh}}{15 \text{ min}} \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \right) = 2724 \text{ veh/h}$$

$$q_3 = \frac{N_3}{T_3} = \frac{858 \text{ veh}}{15 \text{ min}} \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \right) = 3432 \text{ veh/h}$$

$$q_4 = \frac{N_4}{T_4} = \frac{770 \text{ veh}}{15 \text{ min}} \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \right) = 3080 \text{ veh/h}$$

Cálculo del volumen horario

Para la hora efectiva de las 12:30 a las 13:30, el volumen es:

$$Q = Q_{15(1)} + Q_{15(2)} + Q_{15(3)} + Q_{15(4)}$$

$$Q = 649 + 681 + 858 + 770$$

$$Q = 2958 \text{ veh/h}$$

Este volumen horario referido a un período de 15 minutos (0.25 horas) es:

$$Q_{15} = 2958(\text{veh/h}) \left(\frac{0.25 \text{ h}}{15 \text{ min}} \right) = \frac{740 \text{ veh}}{15 \text{ min}}$$

A continuación, se presenta una gráfica en la cual se muestran los diferentes volúmenes, así como el volumen horario referido a periodos de 15 minutos.

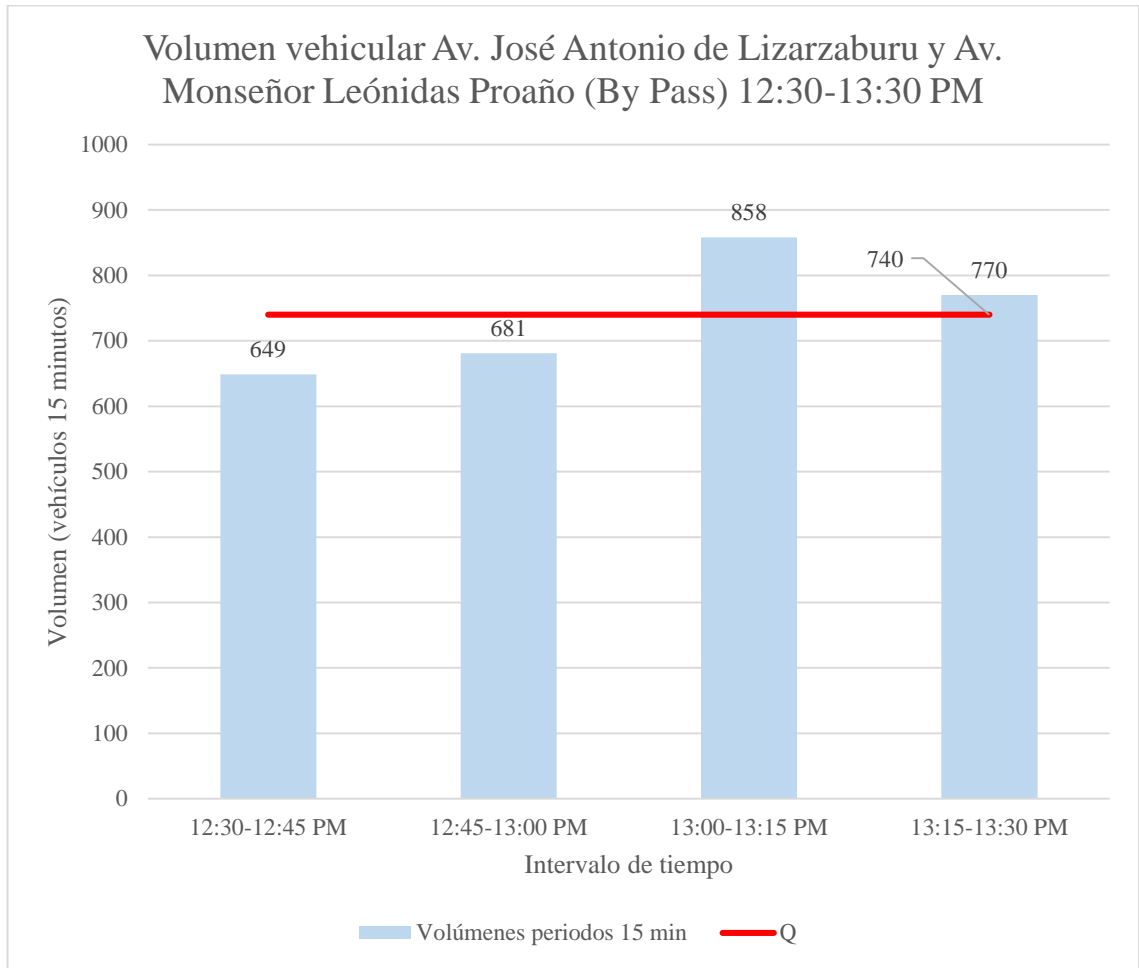


Gráfico 17 Volúmenes cada 15 minutos Av. José Antonio de Lizarzaburu y Av. Monseñor Leónidas Proaño (By Pass) 12:30-13:30PM

Fuente: Elaboración propia

Hora efectiva: 18:15-19:15 PM

Periodo (horas: minutos)	Volumen cada 15 minutos (Q15) (Vehículos mixtos)
18:15-18:30 PM	656
18:30-18:45 PM	719
18:45-19:00 PM	796
19:00-19:15 PM	686

Tabla 45 Volúmenes cada 15 minutos Av. José Antonio de Lizarzaburu y Av. Monseñor Leónidas Proaño (By Pass) 18:15-19:15PM

Fuente: Cal, Reyes, & James, 1994

Cálculo tasa de flujo por periodo

$$q_1 = \frac{N_1}{T_1} = \frac{656 \text{ veh}}{15 \text{ min}} \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \right) = 2624 \text{ veh/h}$$

$$q_2 = \frac{N_2}{T_2} = \frac{719 \text{ veh}}{15 \text{ min}} \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \right) = 2876 \text{ veh/h}$$

$$q_3 = \frac{N_3}{T_3} = \frac{796 \text{ veh}}{15 \text{ min}} \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \right) = 3184 \text{ veh/h}$$

$$q_4 = \frac{N_4}{T_4} = \frac{686 \text{ veh}}{15 \text{ min}} \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \right) = 2744 \text{ veh/h}$$

Cálculo del volumen horario

Para la hora efectiva de las 18:15 a las 19:15, el volumen es:

$$Q = Q_{15(1)} + Q_{15(2)} + Q_{15(3)} + Q_{15(4)}$$

$$Q = 656 + 719 + 796 + 686$$

$$Q = 2857 \text{ veh/h}$$

Este volumen horario referido a un período de 15 minutos (0.25 horas) es:

$$Q_{15} = 2857(\text{veh/h}) \left(\frac{0.25 \text{ h}}{15 \text{ min}} \right) = \frac{715 \text{ veh}}{15 \text{ min}}$$

A continuación, se presenta una gráfica en la cual se muestran los diferentes volúmenes, así como el volumen horario referido a periodos de 15 minutos.

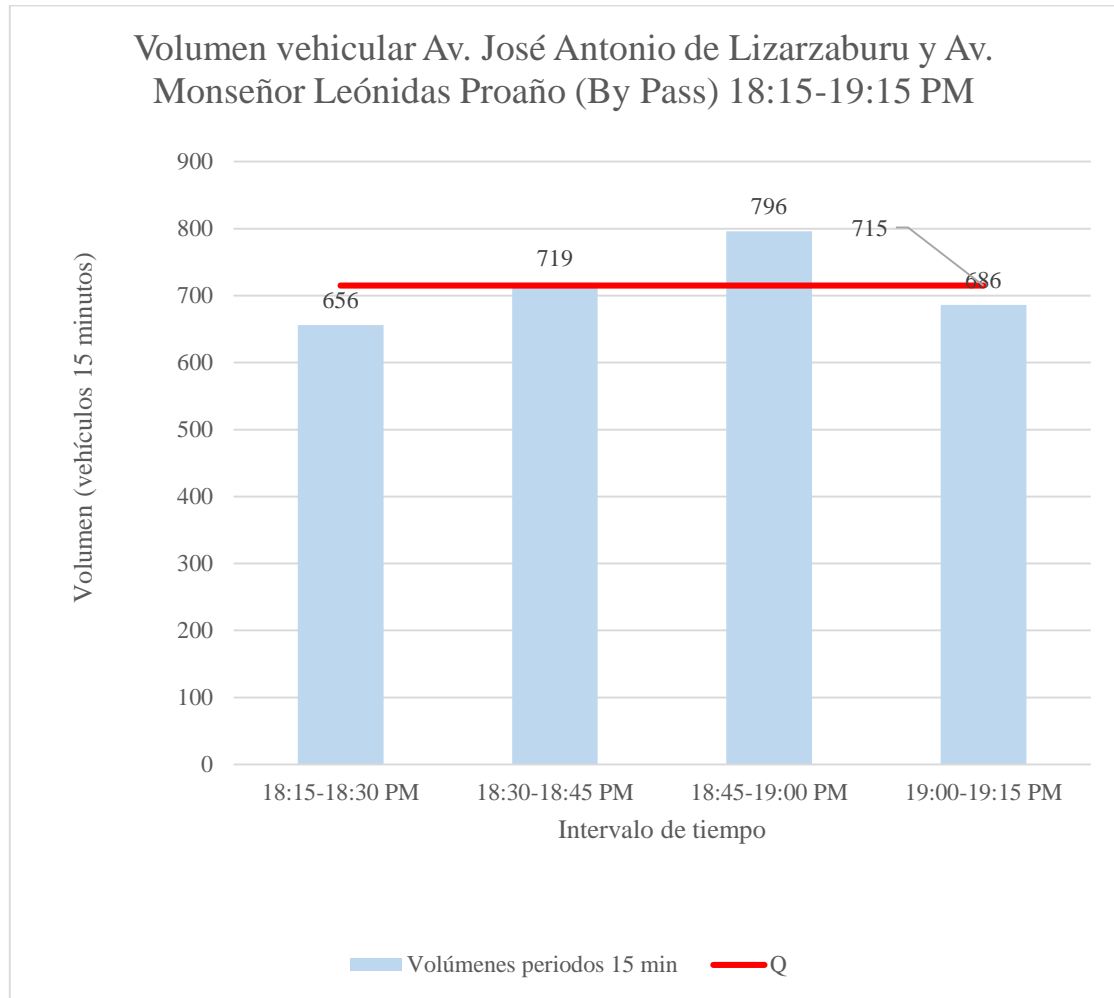


Gráfico 18 Volúmenes cada 15 minutos Av. José Antonio de Lizarzaburu y Av. Monseñor Leónidas Proaño (By Pass) 18:15-19:15PM

Fuente: Elaboración propia

Análisis global

Periodo (horas)	Volumen cada 60 minutos (Q60) (Vehículos mixtos)
07:00-08:00 AM	2994
12:30-13:30 PM	2958
18:15-19:15 PM	2857

Tabla 46 Volúmenes horas pico Av. José Antonio de Lizarzaburu y Av. Monseñor Leónidas Proaño (By Pass)

Fuente: Cal, Reyes, & James, 1994

Cálculo del volumen horario

Para las horas pico, el volumen es:

$$Q = Q_{60(1)} + Q_{60(2)} + Q_{60(3)}$$

$$Q = 2994 + 2958 + 2857$$

$$Q = \frac{8809 \text{ veh}}{3 \text{ h}}$$

Este volumen horario referido a un período de 60 minutos (1 hora) es:

$$Q_{15} = \frac{8809 \text{ veh}}{3 \text{ h}} \left(\frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} \right) = \frac{2937 \text{ veh}}{60 \text{ min}}$$

A continuación, se presenta una gráfica en la cual se muestran los diferentes volúmenes, así como el volumen horario referido a periodos de 60 minutos.

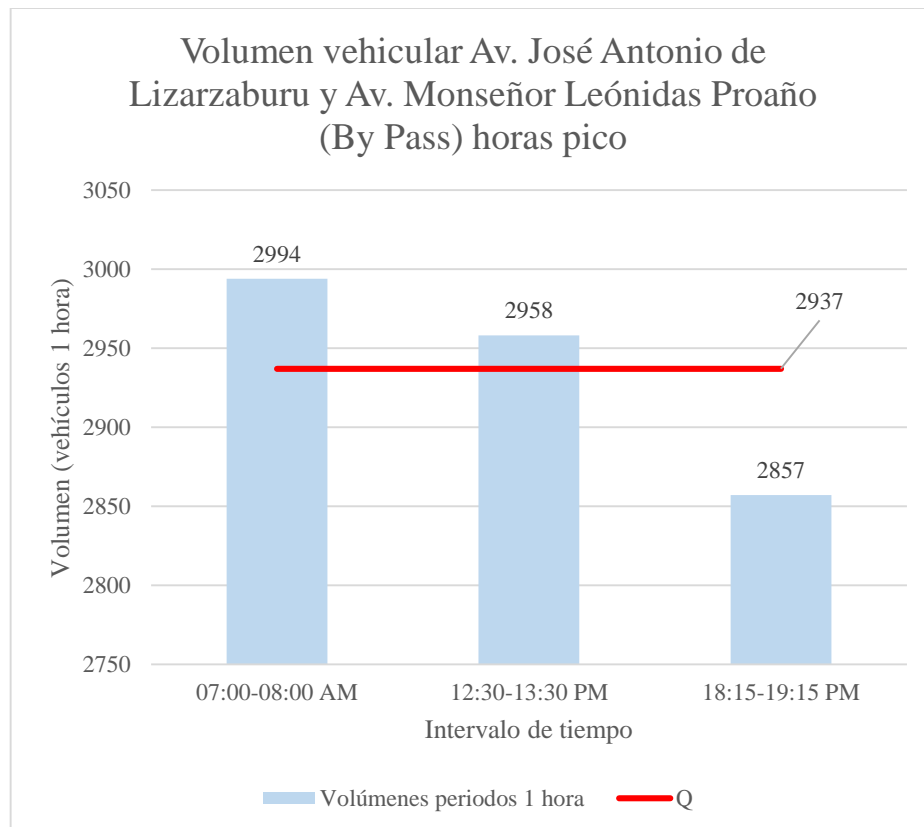


Gráfico 19 Volúmenes horas pico Av. José Antonio de Lizaraburu y Av. Monseñor Leónidas Proaño (By Pass)

Fuente: Elaboración propia

4.2.4.2 Intervalo de cambio de fase= Amarillo + Todo Rojo



Ilustración 32 Ancho de la intersección a cruzar W1 Av. José Antonio de Lizaraburu y Av. Monseñor Leónidas Proaño (By Pass)

Fuente: Google Earth

$$y1 = \left(1 + \frac{13.88m/s}{2(3.05m/s^2)}\right) + \left(\frac{3m + 21.62m + 6.10m}{13.88m/s}\right) = 5.48 s = 5 s$$

$$y1 = 3.27 + 2.21 = 5.48 s$$

$$y1 = 3 + 2 = 5 s$$

$y1 = \text{Amarillo} + \text{Todo Rojo}$

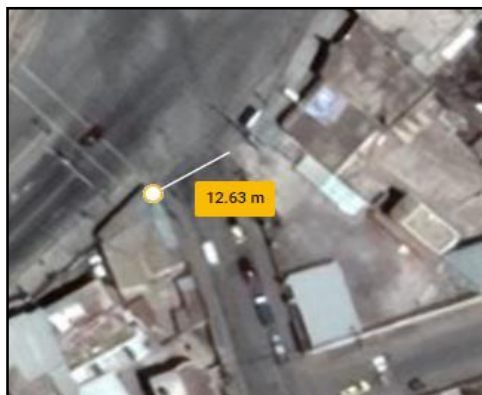


Ilustración 33 Ancho de la intersección a cruzar W2 Av. José Antonio de Lizaraburu y Av. Monseñor Leónidas Proaño (By Pass)

Fuente: Google Earth

$$y2 = \left(1 + \frac{13.88m/s}{2(3.05m/s^2)}\right) + \left(\frac{3m + 12.63m + 6.10m}{13.88m/s}\right) = 4.84 s = 5 s$$

$$y2 = 3.27 + 1.57 = 4.84 s$$

$$y2 = 3 + 2 = 5 s$$

y2 = Amarillo + Todo Rojo



Ilustración 34 Ancho de la intersección a cruzar W3 Av. José Antonio de Lizarzaburu y Av. Monseñor Leónidas Proaño (By Pass)

Fuente: Google Earth

$$y3 = \left(1 + \frac{13.88m/s}{2(3.05m/s^2)}\right) + \left(\frac{3m + 22.76m + 6.10m}{13.88m/s}\right) = 5.56 s = 5 s$$

$$y3 = 3.27 + 2.29 = 5.56 s$$

$$y3 = 3 + 2 = 5 s$$

y3 = Amarillo + Todo Rojo

Fases	Tiempo en segundos										
	26	29	31								
F1											
	29		31	52	55	57					
F2											
	29		31	55	57	83	86	88	118		
F3											
			31	55	57	86		88	115	118	120
F4											

Gráfico 20 Diagrama de fases intersección de la Av. José Antonio de Lizaraburu y Av. Monseñor Leónidas Proaño (By Pass) con semáforo, datos obtenidos en campo

Fuente: Elaboración propia

4.2.4.3 Máximas relaciones de flujo actual v a flujo de saturación s por carril para cada fase

HORA	FASE	ACCESO	MOV	Si	Yi	$\sum yi$
07:00-07:15 AM	1	S	E	1308	0.0196	0.2945
			N	1251	0.1284	
			O			
	2	E	N	1226	0.0221	
			O	1598	0.0474	
			S			
	3	N	O	1298	0.0436	
			S	3127	0.0597	
			E			
	4	O	S	1130	0.0189	
			E	1510	0.0589	
			N			
13:00-13:15 PM	1	S	E	1287	0.0221	0.3039
			N	1390	0.1142	
			O			
	2	E	N	1276	0.0177	
			O	1644	0.0442	
			S			
	3	N	O	1428	0.0474	
			S	3144	0.0597	
			E			
	4	O	S	1259	0.0183	
			E	1637	0.0858	
			N			

18:45-19:00 PM	1	S	E	1368	0.0259	0.2768
			N	1360	0.1011	
			O			
	2	E	N	1293	0.0221	
			O	1751	0.0711	
			S			
	3	N	O	1387	0.0354	
			S	3047	0.0542	
			E			
	4	O	S	1303	0.0221	
			E	1565	0.0505	
			N			

Tabla 47 Máximas relaciones de flujo actual v a flujo de saturación s Av. José Antonio de Lizaraburu y Av. Monseñor Leónidas Proaño (By Pass)

Fuente: Elaboración propia

4.2.4.4 Tiempo total perdido por ciclo

$$L = (3 + 2) + (3 + 2) + (3 + 2) + (3 + 2) = 20 \text{ s}$$

Hora 7:00-8:00 AM

$$C_o = \frac{1.5(20 \text{ s}) + 5}{1 - 0.29} = 50 \text{ s}$$

$$75\% = 40 \text{ s}$$

$$150\% = 75 \text{ s}$$

Hora 12:30-13:30 PM

$$C_o = \frac{1.5(20 \text{ s}) + 5}{1 - 0.30} = 50 \text{ s}$$

$$75\% = 40 \text{ s}$$

$$150\% = 75 \text{ s}$$

Hora 18:15-19:15 PM

$$C_o = \frac{1.5(20 \text{ s}) + 5}{1 - 0.28} = 50 \text{ s}$$

$$75\% = 40 \text{ s}$$

$$150\% = 75 \text{ s}$$

CAPÍTULO V. PLANTEAMIENTO DE POSIBLES SOLUCIONES TEÓRICAS

En este capítulo especificaremos las condiciones actuales observadas en cada intersección, las cuales influyen directamente en los problemas de congestión existentes. Para mejorar la calidad de servicio de estas arterias principales de la ciudad, propondremos soluciones teóricas, mismas que se detallaran a continuación.

Los ciclos semafóricos nos ayudan a distribuir el flujo de vehículos que transita, considerando principalmente el trazado geométrico y el tráfico de la intersección. Para establecer una fase se debe fijar los tiempos perdidos en cada ciclo, el menor número de fases posibles, el menor tiempo de circulación por la intersección, logrando un mejor tiempo de desalojo.

Para definir estos ciclos es importante contar con aforos vehiculares actualizados, puesto que normalmente las ciudades crecen a ritmos variados, tanto en su población como en nuevos proyectos comerciales, institucionales e inmobiliarios, lo cual conlleva a condiciones de tráfico diferentes.

La implementación de semáforos inteligentes tiene como ventaja un control del tráfico permanente a través de cámaras, incorporación de softwares e incluso la conexión a Internet para servirse de datos proporcionados por las agencias de tráfico locales, permitiendo al semáforo adoptar un ciclo óptimo dependiendo la situación.

Existen también semáforos inteligentes que poseen sensores de velocidad, de esta forma al detectar a un usuario excediendo los límites de velocidad, los semáforos detendrán el tránsito en dicho tramo.

Para que el tránsito fluya es crucial una correcta señalización y control del cumplimiento de estas, mismas que previenen realizar maniobras que afecten a la congestión vehicular, observándose en los puntos de estudio total indiferencia ante estas. Produciéndose giros, parada de vehículos particulares y públicos para recoger y dejar pasajeros en lugares no permitidos.

Al liberar estacionamientos en sitios que presentan alta demanda vehicular, se logra aumentar el ancho de carril, es decir, se incrementa el espacio de recorrido mejorando la capacidad vial por ende el nivel de servicio.

Intersección 1	Condición actual	Posibles soluciones
<p>Av. Leopoldo Freire / Primera Constituyente y Eloy Alfaro</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Nivel de servicio D - Flujo vehicular elevado - Zona comercial - Señalización insuficiente - Falta de inversión en personal y dispositivos de control por parte del Municipio. - No existe información actualizada de los aforos vehiculares - Ciclo semafórico de 90 segundos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cambiar ciclos semafóricos - Colocar semáforos inteligentes - Mejorar señalización - Disminuir zonas de estacionamiento
Intersección 2	Condición actual	Posibles soluciones
<p>Av. La Prensa con Av. Daniel León Borja / Av. Canónico Ramos</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Nivel de servicio D - Flujo vehicular elevado - Zona de entretenimiento (bares, discotecas), instituciones educativas, 	<ul style="list-style-type: none"> - Cambiar ciclos semafóricos - Colocar semáforos inteligentes - Disminuir zonas de estacionamiento

	<p>restaurantes y terminal terrestre</p> <ul style="list-style-type: none"> - No existe información actualizada de los aforos vehiculares - Ciclo semafórico de 92 segundos. - Problema en semáforo 2 según ilustración 14, luz verde y roja se encienden a la par 	<ul style="list-style-type: none"> - Mantenimiento en la sincronización de semáforos existentes
Intersección 3	Condición actual	Posibles soluciones
<p>Av. Pedro Vicente Maldonado y E35 (Sector Media Luna)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Nivel de servicio C - Flujo vehicular estable - Zona comercial - Señalización insuficiente - Falta de inversión en personal y dispositivos de control por parte del Municipio. - No existe información actualizada de los aforos vehiculares - Ciclo semafórico de 103 segundos. - Comercio informal 	<ul style="list-style-type: none"> - Cambiar ciclos semafóricos - Colocar semáforos inteligentes - Mantenimiento en sincronización de semáforos existentes - Control por parte de los agentes de tránsito - Charlas de concientización a los usuarios para evitar congestión vehicular, accidentes y futuras multas

	<ul style="list-style-type: none"> - Semáforo 6 correspondiente a la ilustración 15 volteado por actos vandálicos - Desacato de la señalización (No Estacionar) de forma masiva 	
Intersección 4	Condición actual	Posibles soluciones
Av. José Antonio de Lizarzaburu y Av. Monseñor Leónidas Proaño (By Pass)	<ul style="list-style-type: none"> - Nivel de servicio D - Flujo vehicular elevado - Zona comercial - Maniobra o giro peligroso - Falta de inversión en personal y dispositivos de control por parte del Municipio. - No existe información actualizada de los aforos vehiculares - Ciclo semafórico de 120 segundos - Comercio informal - Desacato de la señalización (No Estacionar) de forma masiva, no solo en los lugares que generan tráfico, sino que, en medio de la vía, lo cual 	<ul style="list-style-type: none"> - Cambiar ciclos semafóricos - Colocar semáforos inteligentes - Mantenimiento en sincronización de semáforos existentes - Control por parte de los agentes de tránsito - Charlas de concientización a los usuarios para evitar congestión vehicular, accidentes y futuras multas - Mantenimiento en la sincronización de semáforos existentes - Eliminar un giro a la izquierda acceso Norte

	<p>incrementa la inseguridad vial</p> <ul style="list-style-type: none"> - Irresponsabilidad de los conductores al no respetar el semáforo - Problema en semáforo 3 según ilustración 25, luz verde y roja se encienden a la par 	
--	--	--

Tabla 48 Situación actual y posibles soluciones encontradas para las cuatro intersecciones

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- De acuerdo con los resultados se concluye que existe cogestión vehicular en las intersecciones y horarios establecidos, puesto que como se muestra en *Anexo 5* los volúmenes horarios referidos son menores a los volúmenes reales existentes.
- La metodología empleada en el presente trabajo puede ser aplicada en todos los puntos de interés de la ciudad, con el objetivo de establecer el nivel de servicio brindado a los usuarios y obtener posibles soluciones teóricas.
- El alto flujo de circulación vehicular junto con las medidas geométricas y señalización existente, que interactúan constantemente con los conductores, nos permitieron verificar que los cuatro puntos analizados son intersecciones semaforizadas con problemas de movilidad, que se ve reflejado en sus niveles de servicio.
- Luego de la investigación realizada, las intersecciones fueron analizadas en un procesador de datos *Anexo 8* obteniendo sus niveles de servicio de los cuales tres de las cuatro presentaron un Nivel de Servicio D, indicándonos que su flujo es elevado, dando lugar a la formación de las colas típicas de los “Cuellos de Botella” se dan debido a que algunos de los factores que tiene mayor incidencia en el valor del flujo de saturación, son los giros a la derecha o izquierda, estacionamientos y parada de buses para recoger o dejar pasajeros.
- Los ciclos semafóricos existentes deben ser modificadas en base a que los conteos para las cuales estos fueron diseñados son conteos desactualizados, luego del análisis realizado en el presente estudio se propuso un intervalo Optimo de nuevos ciclos que se pueden emplear.
- Entre los inconvenientes encontrados en las intersecciones Av. Pedro Vicente Maldonado - E35 (Sector Media Luna) y Av. José Antonio de Lizaraburu -Av. Monseñor Leónidas Proaño (By Pass), se observó que los conductores no respetan la señalización “No Estacionar” y “Prohibido girar en U”, provocando

congestionamiento en las vías e incrementando la probabilidad de que ocurran accidentes.

- Es de suma urgencia realizar un mantenimiento a los semáforos de las intersecciones a razón de que existen problemas de sincronización observando semáforos con dos luces encendidas al tiempo.
- Se evidencia una falta de control preocupante pues los usuarios dan un uso inadecuado a las vías estacionándose en medio de las calles, corchando el paso de vehículos, al igual que se presenciaron actos vandálicos en los dispositivos de control de tránsito.

6.2 Recomendaciones

- En el marco de las políticas públicas de cada Gobierno Autónomo Descentralizado (GADM), como el que gobierna Riobamba, debe existir un organismo regulador interno. Esto con el fin de que los usuarios que no respeten las medidas de tránsito sean sancionados o se les haga conocer su transgresión. El conductor se formará de esta manera, progresando a su ritmo, hasta que el cruce sea capaz de funcionar como está previsto.
- Es esencial que los equipos que rigen el tráfico, como los semáforos de las intersecciones, funcionen correctamente. Para ello es necesario que estos dispositivos se sometan a un mantenimiento constante, durante el cual debe comprobarse que no se han desprogramado. Junto con los semáforos, todas las señales que identifican las entradas y salidas de los carriles centrales o de giro deben estar bien situadas para una visibilidad óptima. Esto es especialmente importante cuando se trata de la intersección. Es imprescindible que los pasos de peatones y las flechas que indican cómo debe utilizarse cada carril estén pintados adecuadamente para que sean visibles y duraderos.
- Se recomienda la implementación de semáforos inteligentes, ya que, si bien estos representan una inversión mayor son de gran ayuda para dar una solución definitiva. Como se explica anteriormente estos cuentan con sistemas avanzados

los cuales tienen la capacidad de identificar el volumen vehicular y regular el ciclo para que funcionen de forma apropiada dependiendo la necesidad de ese instante.

- Gran peso de la congestión vehicular recae sobre el usuario, es por esto que se debe concientizar sobre las decisiones que se toman al momento de conducir al igual que los daños que estas decisiones puedan causar.
- El control por parte de los agentes de tránsito puede ser de gran ayuda, ya que lastimosamente la sociedad al verse afectada económicamente toma conciencia de sus actos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Blázquez, L. B., & Bevia Garcir, J. (2000). *Manual de carreteras. Volumen I: elementos y proyecto*. . Ortiz e Hijos, Contratista de Obras, S.A.

Cal, R., Reyes, M., & James, C. (1994). *Ingeniería de Tránsito*. México,D.F.: Alfaomega. Obtenido de <https://mega.nz/file/vbxQUAJJ#7aJMNvoQqbY2RbOpaarCr0vu95PXxcrKE7CDt9jniMo>

Cal, R., Reyes, M., & James, C. (2018). *Ingeniería de Tránsito*. México,D.F.: Alfaomega. Obtenido de <https://mega.nz/file/vbxQUAJJ#7aJMNvoQqbY2RbOpaarCr0vu95PXxcrKE7CDt9jniMo>

Chiquito, P. (2013). *ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE LA VIA LAUREL-JUNQUILLAL*. Guayaquil. Obtenido de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/7581514.pdf>

Cortes, M. (2016). *FUNDAMENTOS DE ESTUDIOS DE IMPACTO VIAL*. Ciudad de México. Obtenido de https://imipens.org/IMIP_files/@CURSOEIU2016/MATERIAL_BLOG_SESIO N6/cursoIMIP-7Dic2016-miguel%20-cort%c3%a9s.pdf

- Dateas. (2010). *Dateas*. Obtenido de <https://www.dateas.com/es/explore/censo-poblacion-densidad-superficie-ecuador/riobamba-207>
- EL COMERCIO. (7 de Septiembre de 2009). *EL COMERCIO*. Obtenido de <https://www.elcomercio.com/actualidad/redondeles-seran-eliminados-riobamba.html>
- EL COMERCIO. (21 de Septiembre de 2021). *EL COMERCIO*. Obtenido de <https://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador/riobamba-nuevos-agentes-transito-control-calles-avenidas.html>
- Fernández, R. (2011). *Elementos de la teoría del tráfico vehicular*. Perú: FONDO. Obtenido de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Elementos%20de%20la%20teor%C3%ADa%20del%20tr%C3%A1fico%20vehicular.pdf>
- Hinojosa, J. L. (2016). *EVALUACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO DE INTERSECCIONES*. Obtenido de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/UNIVERSIDAD%20DE%20GUAYAQUIL.pdf>
- INEC. (2001). *Fondo de Población d las Naciones Unidas*. Obtenido de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Bibliotecas/Fasciculos_Censales/Fasc_Cantoniales/Chimborazo/Fasciculo_Riobamba.pdf
- Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN. (2012). *SEÑALIZACIÓN VIAL. PARTE 5. SEMAFORIZACIÓN*.
- Lara & Loaiza, I. L. (Junio de 2015). Obtenido de http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/11083/TESIS_LARA_LOAIZA.pdf?sequence=1
- MANUAL HIGHWAY CAPACITY, H. (2000). *TRANSPORTATION RESEARCH BOARD 2000 EXECUTIVE COMMITTEE**. Obtenido de

file:///C:/Users/Usuario/Downloads/HIGHWAY_CAPACITY_MANUAL_TRANSPORTATION_R.pdf

- Mercado, J. (2012). *Metodología para el proceso de planeación de un sistema de transporte urbano, caso línea 12 del sistema de transporte colectivo metro*. Ciudad de México. Obtenido de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/401/A5.pdf?sequence=5#:~:text=La%20planificaci%C3%B3n%20del%20transporte%20se,los%20diferentes%20medios%20de%20transporte>.
- Pérez, F., Bautista, A., Salazar, M., & Macias, A. (abril de 2014). Análisis del flujo de tráfico vehicular a través de un modelo macroscópico. *Redalyc.org UAEM*, 3. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/496/49630405005.pdf>
- Ramos, T. J. (2017). Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6780/1/112T0039.pdf>
- Thomson, I., & Alberto, B. (2001). *La congestión del tránsito urbano: causas y consecuencias económicas y sociales*. Santiago de Chile: Naciones Unidas. Obtenido de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/6381/S01060513_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ANEXOS

Anexo 1

TABLAS PARA CALCULO DEL FLUJO DE SATURACIÓN INTERSECCIÓN 1

Intersección 1: Av. Leopoldo Freire / Primera Constituyente y Eloy Alfaro																																
HORA	FASE	ACCESO	MOV	VHMD	So	Ni	W	fA	Pesados	Pp%	ET	fP	%PI	fi	Nm	fe	far	Nb	fb	Vi	V1	Fu	Pgi	Fgi	Pgd	Fgd	Si					
07:00-07:15 AM	1	S	E	49	1900	1	3.3	0.967	12	24	2	0.8	1	1.00	8.0	0.86	0.9	10	0.960	49	49	1.00	0.32	0.98	1.00	0.85	927					
			N	217	1900	1	3.3	0.967	20	6	2	0.94								8	0.968	217						217	1.00	1474		
			O	101	1900						2											101						101	1.00			
	2	E		N	23	1900	1	4.8	1.133	17	7	2	0.94	1	1.00	5	0.88	0.9	4	0.984	23	23	1.00	0.28	0.99	0.09	0.99	1511				
				O	155	1900															155	155	1.00									
				S	69	1900															69	69	1.00									
	3	O		S	212	1900	1	3.3	0.967	14	7	2	0.94	1	1.00		1.00	0.9	7	0.972	212	212	1.00	0.13	0.99	0.00	1.00	0.85	1275			
				E	126	1900	1	3.3	0.967	4	3	2	0.97								126	126	1.00									
				N	18	1900						2											18							18	1.00	
	TOTAL				970																											
12:30-12:45 PM	1	S	E	30	1900	1	3.3	0.967	8	27	2	0.79	1	1.00	6	0.87	0.9	6	0.976	30	30	1.00	0.21	0.99	0.00	1.00	0.85	939				
			N	158	1900	1	3.3	0.967	16	8	2	0.93								11	0.956	158							158	1.00	1444	
			O	41	1900						2											41							41	1.00		
	2	E		N	21	1900	1	4.8	1.133	13	8	2	0.92	1	1.00	4	0.88	0.9	4	0.984	21	21	1.00	0.19	0.99	0.13	0.98	1499				
				O	105	1900															105	105	1.00									
				S	30	1900															30	30	1.00									
	3	O		S	113	1900	1	3.3	0.967	15	13	2	0.88	1	1.00		1.00	0.9	13	0.948	113	113	1.00	0.11	0.99	0.00	1.00	0.85	1173			
				E	94	1900	1	3.3	0.967	4	4	2	0.96								94	94	1.00									
				N	12	1900						2											12							12	1.00	
	TOTAL				604																											
19:00-19:15 PM	1	S	E	41	1900	1	3.3	0.967	8	20	2	0.84	1	1.00	8	0.86	0.9	5	0.980	41	41	1.00	0.26	0.99	0.00	1.00	0.85	988				
			N	188	1900	1	3.3	0.967	16	6	2	0.94								9	0.964	188							188	1.00	1476	
			O	67	1900						2											67							67	1.00		
	2	E		N	17	1900	1	4.8	1.133	19	9	2	0.92	1	1.00	4	0.88	0.9	5	0.980	17	17	1.00	0.27	0.99	0.08	0.99	1488				
				O	135	1900															135	135	1.00									
				S	55	1900															55	55	1.00									
	3	O		S	181	1900	1	3.3	0.967	15	8	2	0.92	1	1.00		1.00	0.9	10	0.960	181	181	1.00	0.13	0.99	0.00	1.00	0.85	1242			
				E	98	1900	1	3.3	0.967	2	2	2	0.98								98	98	1.00									
				N	15	1900						2											15							15	1.00	
	TOTAL				797																											

Anexo 2

TABLAS PARA CALCULO DEL FLUJO DE SATURACIÓN INTERSECCIÓN 2

CAPACIDAD REAL																													
Intersección 2: Av. La Prensa con Av. Daniel León Borja / Av. Canónico Ramos																													
HORA	FASE	ACCESO	MOV	VHMD	So	Ni	W	fA	Pesados	Pp%	ET	fP	%Pi	fi	Nm	fe	far	Nb	fb	Vi	V1	Fu	Pgi	Fgi	Pgd	Fgd	Si		
07:00-07:15 AM	1	N	O	79	1900	1	2.4	0.867	0	0	2	1.00	-1	1.005		1	0.9	0	1.00	79	79	1.00			1.00	0.85	1266		
			S	135	1900	1	2.4	0.867	3	1	2	0.987	-1	1.005		1	0.9	0	1.00	135	135	1.00	9.50	0.68	0.00	1.00	996		
			E	89	1900	1	2.4	0.867	3	1	2	0.987	-1	1.005		1	0.9	0	1.00	89	89	1.00							
		S	E	79	1900	1	3.5	0.989	0	0	2	1.00	0	1.000	10	0.85	0.9	0	1.00	79	79	1.00					1.00	0.85	1222
			N	90	1900	1	3.5	0.989	0	0	2	1.00	0	1.000		1	0.9	0	1.00	90	90	1.00	13.27	0.60	0.00	1.00	1017		
			O	74	1900	1	3.5	0.989	0	0	2	1.00	0	1.000		1	0.9	0	1.00	74	74	1.00							
	2	E	N	83	1900	1	2.6	0.889	0	0	2	1.00	0	1.000		1	0.9	0	1.00	83	83	1.00				1.00	0.85	1292	
			O	86	1900	1	2.6	0.889	5	3	2	0.971	0	1.000		1	0.9	0	0.98	86	86	1.00	0.49	0.98	0.00	1.00	1418		
			S	84	1900	1	2.6	0.889	5	3	2	0.971	0	1.000		1	0.9	0	0.98	84	84	1.00							
	3	O	S	88	1900	1	2.4	0.867	1	1	2	0.989	0	1.000	6	0.87	0.9	0	1.00	88	88	1.00				1.00	0.85	1084	
			E	147	1900	1	2.4	0.867	3	1	2	0.988	0	1.000		1	0.9	0	1.00	147	147	1.00	0.40	0.98	0.00	1.00	1435		
			N	99	1900	1	2.4	0.867	3	1	2	0.988	0	1.000		1	0.9	0	1.00	99	99	1.00							
TOTAL				1133																									
12:30-12:45 PM	1	N	O	44	1900	1	2.4	0.867	0	0	2	1.00	-1	1.005		1	0.9	0	1.00	44	44	1.00			1.00	0.85	1266		
			S	95	1900	1	2.4	0.867	2	1	2	0.987	-1	1.005		1	0.9	0	1.00	95	95	1.00	3.06	0.87	0.00	1.00	1275		
			E	56	1900	1	2.4	0.867	2	1	2	0.987	-1	1.005		1	0.9	0	1.00	56	56	1.00							
		S	E	48	1900	1	3.5	0.989	0	0	2	1.00	0	1.000	6	0.87	0.9	0	1.00	48	48	1.00				1.00	0.85	1250	
			N	58	1900	1	3.5	0.989	1	1	2	0.99	0	1.000		1	0.9	0	1.00	58	58	1.00	3.75	0.84	0.00	1.00	1410		
			O	43	1900	1	3.5	0.989	1	1	2	0.99	0	1.000		1	0.9	0	1.00	43	43	1.00							
	2	E	N	47	1900	1	2.6	0.889	0	0	2	1.00	0	1.000		1	0.9	0	1.00	47	47	1.00				1.00	0.85	1292	
			O	54	1900	1	2.6	0.889	4	4	2	0.964	0	1.000		1	0.9	0	0.99	54	54	1.00	0.50	0.98	0.00	1.00	1413		
			S	54	1900	1	2.6	0.889	4	4	2	0.964	0	1.000		1	0.9	0	0.99	54	54	1.00							
	3	O	S	59	1900	1	2.4	0.867	1	2	2	0.983	0	1.000	4	0.88	0.9	0	1.00	59	59	1.00				1.00	0.85	1090	
			E	99	1900	1	2.4	0.867	4	3	2	0.975	0	1.000		1	0.9	0	1.00	99	99	1.00	0.37	0.98	0.00	1.00	1419		
			N	58	1900	1	2.4	0.867	4	3	2	0.975	0	1.000		1	0.9	0	1.00	58	58	1.00							
TOTAL				715																									
18:30-18:45 PM	1	N	O	64	1900	1	2.4	0.867	0	0	2	1.00	-1	1.005		1	0.9	0	1.00	64	64	1.00			1.00	0.85	1266		
			S	101	1900	1	2.4	0.867	2	1	2	0.989	-1	1.005		1	0.9	0	1.00	101	101	1.00	5.81	0.78	0.00	1.00	1141		
			E	71	1900	1	2.4	0.867	2	1	2	0.989	-1	1.005		1	0.9	0	1.00	71	71	1.00							
		S	E	68	1900	1	3.5	0.989	0	0	2	1.00	0	1.000	9	0.86	0.9	0	1.00	68	68	1.00				1.00	0.85	1229	
			N	74	1900	1	3.5	0.989	1	1	2	0.99	0	1.000		1	0.9	0	1.00	74	74	1.00	7.17	0.74	0.00	1.00	1235		
			O	59	1900	1	3.5	0.989	1	1	2	0.99	0	1.000		1	0.9	0	1.00	59	59	1.00							
	2	E	N	67	1900	1	2.6	0.889	0	0	2	1.00	0	1.000		1	0.9	0	1.00	67	67	1.00				1.00	0.85	1292	
			O	68	1900	1	2.6	0.889	4	3	2	0.973	0	1.000		1	0.9	0	0.99	68	68	1.00	0.52	0.97	0.00	1.00	1424		
			S	75	1900	1	2.6	0.889	4	3	2	0.973	0	1.000		1	0.9	0	0.99	75	75	1.00							
	3	O	S	85	1900	1	2.4	0.867	1	1	2	0.988	0	1.000	4	0.88	0.9	0	1.00	85	85	1.00				1.00	0.85	1096	
			E	118	1900	1	2.4	0.867	4	2	2	0.980	0	1.000		1	0.9	0	1.00	118	118	1.00	0.39	0.98	0.00	1.00	1424		
			N	75	1900	1	2.4	0.867	4	2	2	0.980	0	1.000		1	0.9	0	1.00	75	75	1.00							
TOTAL				925																									

Anexo 3

TABLAS PARA CALCULO DEL FLUJO DE SATURACIÓN INTERSECCIÓN 3

CAPACIDAD REAL																											
Intersección 3: Av. Pedro Vicente Maldonado y E35 (Sector Media Luna)																											
HORA	FASE	ACCESO	MOV	VHMD	So	Ni	W	fA	Pesados	Pp%	ET	fP	%Pi	fi	Nm	fe	far	Nb	fbf	Vi	V1	Fu	Pgi	Fgi	Pgd	Fgd	Si
07:30-07:45 AM	1	S	E	51	1900	1	4.6	1.11	8	16	2	0.86	1	1		1	0.9	4	0.98	51	51	1.00			1	0.85	1367
			N	145	1900	1	4.6	1.11	20	14	2	0.88	1	1		1	0.9	9	0.96	145	145	1.00	0	1	0	1	1602
	2	N	S	107	1900	1	4.5	1.10	20	19	2	0.84	0	1		1	0.9	9	0.96	107	107	1.00	0	1	0	1	1525
			E	108	1900	1	4.5	1.10	31	29	2	0.78	0	1		1	0.9	11	0.96	108	108	1.00	1	0.95			1331
	3	E	N	159	1900	1	3.5	0.99	28	18	2	0.85	0	1		1	0.9	8	0.97	159	159	1.00	1	0.95			1328
			S	53	1900	1	3.5	0.99	8	15	2	0.87	0	1		1	0.9	5	0.98	53	53	1.00			1	0.85	1224
TOTAL				623																							
13:00-13:15 PM	1	S	E	39	1900	1	4.6	1.11	7	18	2	0.85	1	1		1	0.9	4	0.98	39	39	1.00			1	0.85	1341
			N	105	1900	1	4.6	1.11	25	24	2	0.81	1	1		1	0.9	9	0.96	105	105	1.00	0	1	0	1	1472
	2	N	S	120	1900	1	4.5	1.10	24	20	2	0.83	0	1		1	0.9	9	0.96	120	120	1.00	0	1	0	1	1509
			E	109	1900	1	4.5	1.10	24	22	2	0.82	0	1		1	0.9	8	0.97	109	109	1.00	1	0.95			1421
	3	E	N	107	1900	1	3.5	0.99	26	24	2	0.8	0	1		1	0.9	8	0.97	107	107	1.00	1	0.95			1256
			S	52	1900	1	3.5	0.99	9	17	2	0.85	0	1		1	0.9	5	0.98	52	52	1.00			1	0.85	1201
TOTAL				532																							
19:00-19:15 PM	1	S	E	55	1900	1	4.6	1.11	10	18	2	0.85	1	1		1	0.9	4	0.98	55	55	1.00			1	0.85	1338
			N	129	1900	1	4.6	1.11	18	14	2	0.88	1	1		1	0.9	7	0.96	129	129	1.00	0	1	0	1	1599
	2	N	S	115	1900	1	4.5	1.10	20	17	2	0.85	0	1		1	0.9	9	0.96	115	115	1.00	0	1	0	1	1542
			E	125	1900	1	4.5	1.10	31	25	2	0.8	0	1		1	0.9	7	0.97	125	125	1.00	1	0.95			1390
	3	E	N	118	1900	1	3.5	0.99	29	25	2	0.8	0	1		1	0.9	7	0.97	118	118	1.00	1	0.95			1254
			S	52	1900	1	3.5	0.99	6	12	2	0.9	0	1		1	0.9	3	0.98	52	52	1.00			1	0.85	1263
TOTAL				594																							

Anexo 4

TABLAS PARA CALCULO DEL FLUJO DE SATURACIÓN INTERSECCIÓN 4

CAPACIDAD REAL																															
Intersección 4: Av. José Antonio de Lizarraburu y Av. Monseñor Leónidas Proaño (By Pass)																															
HORA	FASE	ACCESO	MOV	VHMD	So	Ni	W	fA	Pesados	Pp%	ET	fP	%PI	fi	Nm	fe	far	Nb	fb	V1	V1	Fu	Pgi	Fgi	Pgd	Fgd	Si				
07:00-07:15 AM	1	S	E	31	1900	1	3.5	0.989	3	10	2	0.91	0	1	1.00	0.9	0	1.00	31	31	1.00			1	0.85	1308					
			N	212	1900	1	3.5		45	18	2	0.84				0.9	29	0.88	212	212	1.00	0.13	0.99	0	1.00	1251					
			O	32	1900											0.9			32	32	1.00										
	2	E	N	35	1900	1	4.6	1.111	10	29	2	0.78	-1	1	1.00	0.9	7	0.97	35	35	1.00			1	0.85	1226					
			O	65	1900	1	4.6		13	14	2	0.87				0.9	7	0.97	65	65	1.00	0.28	0.99	0	1.00	1598					
			S	25	1900											0.9			25	25	1.00										
	3	N	O	69	1900	1	4.3	1.078	12	17	2	0.85	1	1	1.00	0.9	6	0.98	69	69	1.00			1	0.85	1298					
			S	175	1900	2	4.3		24	11	2	0.9				0.9	12	0.95	175	175	1.00	0.23	0.99	0	1.00	3127					
			E	52	1900											0.9			52	52	1.00										
	4	O	S	30	1900	1	4.4	1.089	11	37	2	0.73	-1	1	1.00	0.9	7	0.97	30	30	1.00			1	0.85	1130					
			E	47	1900	1	4.4		20	18	2	0.85				0.9	5	0.98	47	47	1.00	0.58	0.97	0	1.00	1510					
			N	65	1900											0.9			65	65	1.00										
	TOTAL				838																										
	13:00-13:15 PM	1	S	E	35	1900	1	3.5	0.989	4	11	2	0.9	0	1	1.00	0.9	0	1.00	35	35	1.00			1	0.85	1287				
				N	153	1900	1	3.5		26	12	2	0.89				0.9	16	0.94	153	153	1.00	0.29	0.99	0	1.00	1390				
				O	64	1900											0.9			64	64	1.00									
2		E	N	28	1900	1	4.6	1.111	7	25	2	0.8	-1	1	1.00	0.9	4	0.98	28	28	1.00			1	0.85	1276					
			O	58	1900	1	4.6		12	14	2	0.88				0.9	0	1.00	58	58	1.00	0.31	0.98	0	1.00	1644					
			S	26	1900											0.9			26	26	1.00										
3		N	O	75	1900	1	4.3	1.078	6	8	2	0.93	1	1	1.00	0.9	3	0.99	75	75	1.00			1	0.85	1428					
			S	164	1900	2	4.3		22	10	2	0.91				0.9	12	0.95	164	164	1.00	0.28	0.99	0	1.00	3144					
			E	63	1900											0.9			63	63	1.00										
4		O	S	29	1900	1	4.4	1.089	7	24	2	0.81	-1	1	1.00	0.9	4	0.98	29	29	1.00			1	0.85	1259					
			E	75	1900	1	4.4		16	10	2	0.91				0.9	3	0.99	75	75	1.00	0.54	0.97	0	1.00	1637					
			N	88	1900											0.9			88	88	1.00										
TOTAL				858																											
18:45-19:00 PM		1	S	E	41	1900	1	3.5	0.989	2	5	2	0.95	0	1	1.00	0.9	0	1.00	41	41	1.00			1	0.85	1368				
				N	122	1900	1	3.5		27	14	2	0.88				0.9	16	0.94	122	122	1.00	0.36	0.98	0	1.00	1360				
				O	70	1900											0.9			70	70	1.00									
	2	E	N	35	1900	1	4.6	1.111	8	23	2	0.81	-1	1	1.00	0.9	5	0.98	35	35	1.00			1	0.85	1293					
			O	78	1900	1	4.6		9	7	2	0.94				0.9	0	1.00	78	78	1.00	0.42	0.98	0	1.00	1751					
			S	57	1900											0.9			57	57	1.00										
	3	N	O	56	1900	1	4.3	1.078	6	11	2	0.9	1	1	1.00	0.9	4	0.98	56	56	1.00			1	0.85	1387					
			S	146	1900	2	4.3		28	14	2	0.88				0.9	11	0.96	146	146	1.00	0.29	0.99	0	1.00	3047					
			E	60	1900											0.9			60	60	1.00										
	4	O	S	35	1900	1	4.4	1.089	7	20	2	0.83	-1	1	1.00	0.9	4	0.98	35	35	1.00			1	0.85	1303					
			E	47	1900	1	4.4		14	15	2	0.87				0.9	4	0.98	47	47	1.00	0.51	0.98	0	1.00	1565					
			N	49	1900											0.9			49	49	1.00										
	TOTAL				796																										

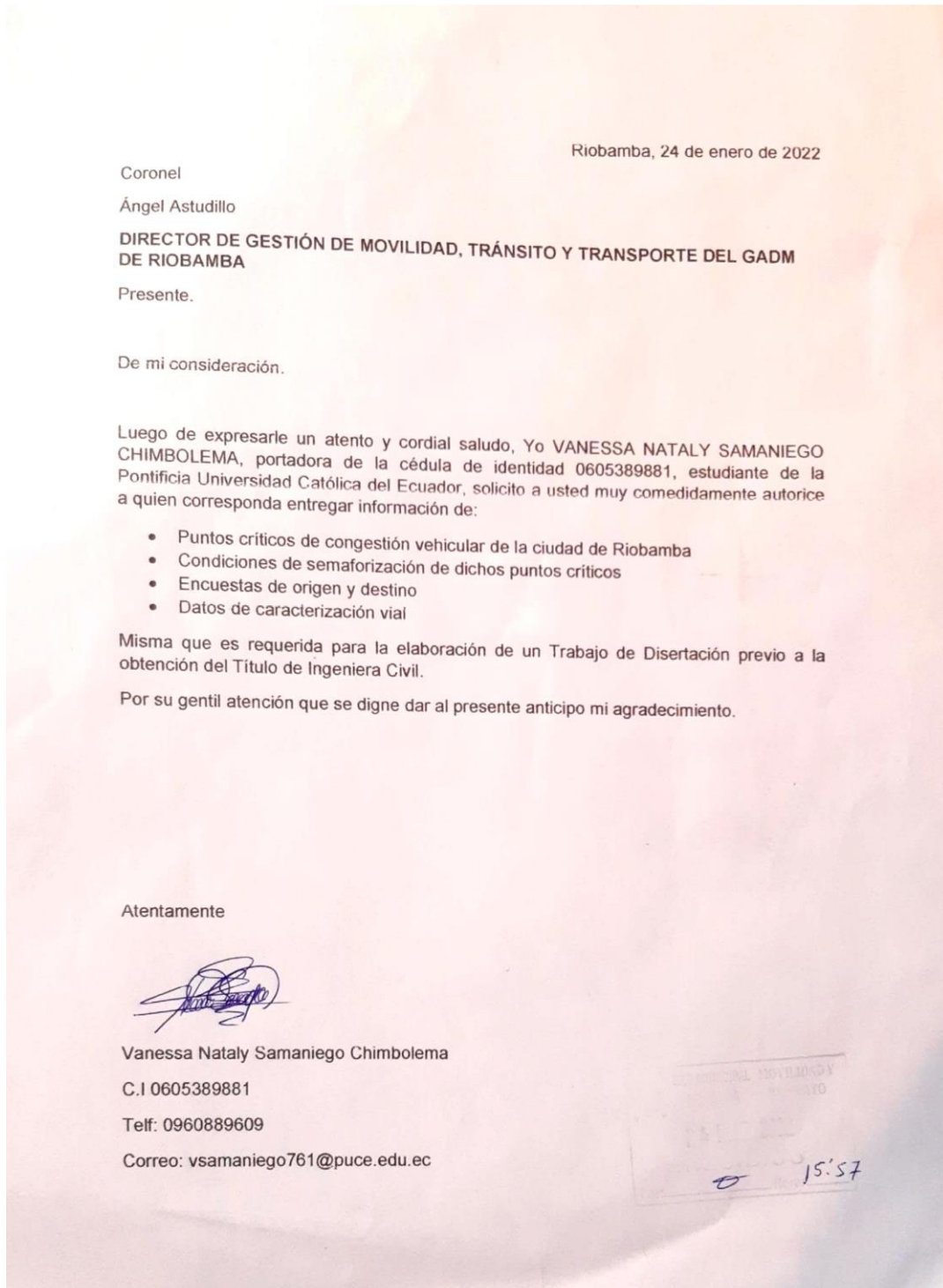
Anexo 5

VOLÚMENES REFERIDOS VS VOLÚMENES REALES

Intersección	Horario	Volumen referido	# de picos	Volumen real
Av Leopoldo Freire/ Primera constituyente y Elia Alfaro	7:00-8:00 AM	759veh/ 15 min	1	970 veh/15 min
	12:30-13:30 PM	541 veh/15 min	2	604 veh/15 min
				563veh/15 min
	18:15-19:15 PM	687veh/15 min	2	714veh/15 min
				797veh/15min
Av La Prensa con Av Daniel León Borja/ Av Canónico Ramos	7:00-8:00 AM	788veh/15 min	2	1133veh/15 min
				945veh/15min
	12:30-13:30 PM	662veh/15min	2	715veh/15min
				688veh/15min
	18:15-19:15 PM	747veh/15min	2	806veh/15min
				925veh/15min
Av Pedro Vicente Maldonado y E35 (Sector Media Luna)	7:00-8:00 AM	589veh/15 min	3	591veh/15min
				623veh/15min
				607veh/15min
	12:30-13:30 PM	493veh/15min	2	512veh/15min
				532veh/15min
	18:15-19:15 PM	532veh/15min	2	553veh/15min
594veh/15min				
Av José Antonio de Lizaraburu y Av Monseñor Leónidas Proaño (By Pass)	7:00-8:00 AM	749veh/15min	2	838veh/15min
				778veh/15min
	12:30-13:30 PM	740veh/15min	2	858veh/15min
				770veh/15min
	18:15-19:15 PM	715veh/15 min	2	719veh/15min
				796veh/15min

Anexo 6

SOLICITUD REALIZADA AL GAD RIOBAMBA 24 DE ENERO DE 2022



Anexo 7

FOTOGRAFÍAS DE LAS CUATRO INTERSECCIONES

INTERSECCIÓN 1: AV. LEOPOLDO FREIRE / PRIMERA CONSTITUYENTE Y ELOY ALFARO





INTERSECCIÓN 2: AV. LA PRENSA CON AV. DANIEL LEÓN BORJA / AV. CANÓNICO RAMOS





INTERSECCIÓN 3: AV. PEDRO VICENTE MALDONADO Y E35 (SECTOR MEDIA LUNA)







INTERSECCIÓN 4: AV. JOSÉ ANTONIO DE LIZARZABURU Y AV. MONSEÑOR LEÓNIDAS PROAÑO (BY PASS)













Anexo 8

DATOS OBTENIDOS POR EL PROGRAMA PARA ENCONTRAR EL NIVEL DE SERVICIO

HCS2000: Signalized Intersections Release 4.1

Analyst: Intersección Inter.: Av. Leopoldo Freire
 Agency: Trabajo de disertación Area Type: CBD or Similar
 Date: 14/11/2022 Jurisd: Riobamba
 Period: Horas pico 7:00-7:15 AM Year: 2022
 Project ID: Análisis de la congestión vehicular en 4 puntos críticos
 E/W St: Av Eloy Alfaro N/S St: Av Leopoldo Freire

SIGNALIZED INTERSECTION SUMMARY

	Eastbound			Westbound			Northbound			Southbound		
	L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R
No. Lanes	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
LGConfig	LTR			LT R						LT R		
Volume	69	155	23	18	126	212				101	217	49
Lane Width	4.8			3.3 3.3						3.3 3.3		
RTOR Vol	0			0						0		

Duration	0.25	Area Type:	CBD or Similar							
		Signal Operations								
Phase Combination	1	2	3	4	5	6	7	8		
EB Left		P			NB Left					
Thru		P			Thru					
Right		P			Right					
Peds					Peds					
WB Left		P			SB Left	P				
Thru		P			Thru	P				
Right		P			Right	P				
Peds					Peds					
NB Right					EB Right					
SB Right					WB Right					
Green		20.0	26.0			35.0				
Yellow		3.0	3.0			3.0				
All Red		0.0	0.0			0.0				

Cycle Length: 90.0 secs

Intersection Performance Summary

Appr/Lane Grp	Lane Group Capacity	Adj Sat Flow Rate (s)	Ratios		Lane Group		Approach	
			\bar{v}/c	g/\bar{C}	Delay	LOS	Delay	LOS

Eastbound

LTR	440	1523	0.63	0.29	34.3	C	34.3	C
-----	-----	------	------	------	------	---	------	---

Westbound

LT	352	1585	0.45	0.22	34.5	C	48.5	D
R	282	1270	0.84	0.22	58.0	E		

Northbound

Southbound

LT	575	1479	0.61	0.39	26.9	C	25.8	C
R	362	931	0.15	0.39	18.7	B		
Intersection Delay = 36.3 (sec/veh) Intersection LOS = D								

HCS2000: Signalized Intersections Release 4.1

Alexa

Phone: Fax:
E-Mail:

OPERATIONAL ANALYSIS

Analyst: Intersección
 Intersection: Av. Leopoldo Freire
 Agency/Co.: Trabajo de disertación
 Area Type: CBD or Similar
 Date Performed: 14/11/2022
 Jurisdiction: Riobamba
 Analysis Time Period: Horas pico 7:00-7:15 AM
 Analysis Year: 2022
 Project ID: Análisis de la congestión vehicular en 4 puntos críticos
 East/West Street North/South Street
 Av Eloy Alfaro Av Leopoldo Freire

VOLUME DATA

	Eastbound			Westbound			Northbound			Southbound		
	L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R
Volume	69	155	23	18	126	212				101	217	49
% Heavy Veh	3	7	10	11	2	7				6	6	24
PHF	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90				0.90	0.90	0.90
PK 15 Vol	19	43	6	5	35	59				28	60	14
Hi Ln Vol												
% Grade		1			1						1	
Ideal Sat		1900			1900	1900					1900	1900
ParkExist	X											X
NumPark	5											8
No. Lanes	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
LGConfig		LTR			LT	R					LT	R
Lane Width		4.8			3.3	3.3					3.3	3.3
RTOR Vol			0			0						0
Adj Flow		275			160	236					353	54
%InSharedLn												
Prop LTs												
Prop RTs					0.000	1.000					0.000	1.000
Peds Bikes	0			0			0			0		
Buses		4			0	7					8	10
%InProtPhase												
Duration	0.25											

Area Type: CBD or Similar

Saturation Flow Rate (see Exhibit 16-7 to determine the adjustment factors) _____

LG	Eastbound		Westbound		Northbound			Southbound	
	LTR		LT	R				LT	R
So	1900		1900	1900				1900	1900
Lanes	0	0	0	0	0	0	0	0	0
fW	1.133		0.967	0.967				0.967	0.967
fHV	0.942		0.970	0.935				0.943	0.806
fG	0.995		0.995	0.995				0.995	0.995
fP	0.875		1.000	1.000				1.000	0.860
fBB	0.984		1.000	0.972				0.968	0.960
fA	0.90		0.90	0.90				0.90	0.90
fLU	1.00		1.00	1.00				1.00	1.00
fRT	0.987		1.000	0.850				1.000	0.850
fLT	0.986		0.994					0.984	
Sec.									
fLpb	1.000		1.000					1.000	
fRpb	1.000		1.000	1.000				1.000	1.000
S	1523		1585	1270				1479	931
Sec.									

CAPACITY ANALYSIS WORKSHEET

Capacity Analysis and Lane Group Capacity

Appr/ Mvmt	Lane Group	Adj Flow Rate (v)	Adj Sat Flow Rate (s)	Flow Ratio (v/s)	Green Ratio (g/C)	--Lane Group-- Capacity (c)	v/c Ratio
Eastbound							
	Prot						
	Perm						
	Left						
	Prot						
	Perm						
Thru	LTR	275	1523	# 0.18	0.29	440	0.63
	Right						
Westbound							
	Prot						
	Perm						
	Left						
	Prot						
	Perm						
Thru	LT	160	1585	0.10	0.22	352	0.45
Right	R	236	1270	# 0.19	0.22	282	0.84
Northbound							
	Prot						
	Perm						
	Left						
	Prot						
	Perm						
Thru							
Right							
Southbound							
	Prot						
	Perm						
	Left						
	Prot						
	Perm						
Thru	LT	353	1479	# 0.24	0.39	575	0.61
Right	R	54	931	0.06	0.39	362	0.15

Sum of flow ratios for critical lane groups, $Y_c = \text{Sum (v/s)} = 0.61$

Total lost time per cycle, $L = 9.00 \text{ sec}$

Critical flow rate to capacity ratio, $X_c = (Y_c) (C) / (C-L) = 0.67$

HCS2000: Signalized Intersections Release 4.1

Analyst: Intersección Inter.: Av. Leopoldo Freire
 Agency: Trabajo de disertación Area Type: CBD or Similar
 Date: 14/11/2022 Jurisd: Riobamba
 Period: Horas pico 12:30-12:45 PM Year: 2022
 Project ID: Análisis de la congestión vehicular en 4 puntos críticos
 E/W St: Av Eloy Alfaro N/S St: Av Leopoldo Freire

SIGNALIZED INTERSECTION SUMMARY

	Eastbound			Westbound			Northbound			Southbound		
	L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R
No. Lanes	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
LGConfig	LTR			LT R						LT R		
Volume	30	105	21	12	94	113				41	158	30
Lane Width	4.8			3.3 3.3						3.3 3.3		
RTOR Vol	0			0						0		

Duration 0.25 Area Type: CBD or Similar
 Signal Operations

Phase Combination	1	2	3	4	5	6	7	8
EB Left		P			NB Left			
Thru		P			Thru			
Right		P			Right			
Peds					Peds			
WB Left		P			SB Left	P		
Thru		P			Thru	P		
Right		P			Right	P		
Peds					Peds			
NB Right					EB Right			
SB Right					WB Right			
Green		20.0	26.0			35.0		
Yellow		3.0	3.0			3.0		
All Red		0.0	0.0			0.0		

Cycle Length: 90.0 secs

Intersection Performance Summary

Appr/ Lane Grp	Lane Group Capacity	Adj Sat Flow Rate (s)	Ratios		Lane Group		Approach	
			v/c	g/C	Delay	LOS	Delay	LOS
Eastbound								
LTR	433	1500	0.40	0.29	28.5	C	28.5	C
Westbound								
LT	350	1576	0.33	0.22	32.0	C	34.5	C
R	261	1173	0.48	0.22	36.8	D		
Northbound								
Southbound								
LT	558	1435	0.40	0.39	22.0	C	21.5	C
R	361	927	0.09	0.39	17.9	B		
Intersection Delay = 28.0 (sec/veh)					Intersection LOS = C			

HCS2000: Signalized Intersections Release 4.1

Alexa

Phone: Fax:
E-Mail:

OPERATIONAL ANALYSIS

Analyst: Intersección
 Intersection: Av. Leopoldo Freire
 Agency/Co.: Trabajo de disertación
 Area Type: CBD or Similar
 Date Performed: 14/11/2022
 Jurisdiction: Riobamba
 Analysis Time Period: Horas pico 12:30-12:45 PM
 Analysis Year: 2022
 Project ID: Análisis de la congestión vehicular en 4 puntos críticos
 East/West Street North/South Street
 Av Eloy Alfaro Av Leopoldo Freire

VOLUME DATA

	Eastbound			Westbound			Northbound			Southbound		
	L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R
Volume	30	105	21	12	94	113				41	158	30
% Heavy Veh	6	9	8	18	2	13				14	7	28
PHF	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90				0.90	0.90	0.90
PK 15 Vol	8	29	6	3	26	31				11	44	8
Hi Ln Vol												
% Grade		1			1						1	
Ideal Sat		1900			1900	1900					1900	1900
ParkExist	X											X
NumPark	4											6
No. Lanes	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
LGConfig		LTR			LT	R					LT	R
Lane Width		4.8			3.3	3.3					3.3	3.3
RTOR Vol			0			0						0
Adj Flow		173			117	126					222	33
%InSharedLn												
Prop LTs												
Prop RTs					0.000	1.000					0.000	1.000
Peds Bikes	0			0			0			0		
Buses		4			0	13					11	6
%InProtPhase												
Duration	0.25											

Area Type: CBD or Similar

Saturation Flow Rate (see Exhibit 16-7 to determine the adjustment factors) _____

LG	Eastbound		Westbound		Northbound			Southbound	
	LTR		LT	R				LT	R
So	1900		1900	1900				1900	1900
Lanes	0	0	0	0	0	0	0	0	0
fW	1.133		0.967	0.967				0.967	0.967
fHV	0.923		0.964	0.885				0.922	0.781
fG	0.995		0.995	0.995				0.995	0.995
fP	0.880		1.000	1.000				1.000	0.870
fBB	0.984		1.000	0.948				0.956	0.976
fA	0.90		0.90	0.90				0.90	0.90
fLU	1.00		1.00	1.00				1.00	1.00
fRT	0.982		1.000	0.850				1.000	0.850
fLT	0.991		0.994					0.990	
Sec.									
fLpb	1.000		1.000					1.000	
fRpb	1.000		1.000	1.000				1.000	1.000
S	1500		1576	1173				1435	927
Sec.									

CAPACITY ANALYSIS WORKSHEET

Capacity Analysis and Lane Group Capacity

Appr/ Mvmt	Lane Group	Adj Flow Rate (v)	Adj Sat Flow Rate (s)	Flow Ratio (v/s)	Green Ratio (g/C)	--Lane Group-- Capacity (c)	v/c Ratio
Eastbound							
	Prot						
	Perm						
	Left						
	Prot						
	Perm						
	Thru LTR	173	1500	# 0.12	0.29	433	0.40
	Right						
Westbound							
	Prot						
	Perm						
	Left						
	Prot						
	Perm						
	Thru LT	117	1576	0.07	0.22	350	0.33
	Right R	126	1173	# 0.11	0.22	261	0.48
Northbound							
	Prot						
	Perm						
	Left						
	Prot						
	Perm						
	Thru						
	Right						
Southbound							
	Prot						
	Perm						
	Left						
	Prot						
	Perm						
	Thru LT	222	1435	# 0.15	0.39	558	0.40
	Right R	33	927	0.04	0.39	361	0.09

Sum of flow ratios for critical lane groups, $Y_c = \text{Sum (v/s)} = 0.38$

Total lost time per cycle, $L = 9.00 \text{ sec}$

Critical flow rate to capacity ratio, $X_c = (Y_c) (C) / (C-L) = 0.42$

HCS2000: Signalized Intersections Release 4.1

Analyst: Intersección Inter.: Av. Leopoldo Freire
 Agency: Trabajo de disertación Area Type: CBD or Similar
 Date: 14/11/2022 Jurisd: Riobamba
 Period: Horas pico 19:00-19:15 PM Year: 2022
 Project ID: Análisis de la congestión vehicular en 4 puntos críticos
 E/W St: Av Eloy Alfaro N/S St: Av Leopoldo Freire

SIGNALIZED INTERSECTION SUMMARY

	Eastbound			Westbound			Northbound			Southbound		
	L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R
No. Lanes	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
LGConfig	LTR			LT R						LT R		
Volume	55	135	17	15	98	181				67	188	41
Lane Width	4.8			3.3 3.3						3.3 3.3		
RTOR Vol	0			0						0		

Duration 1.00 Area Type: CBD or Similar
 Signal Operations

Phase Combination	1	2	3	4	5	6	7	8
EB Left		P			NB Left			
Thru		P			Thru			
Right		P			Right			
Peds					Peds			
WB Left		P			SB Left	P		
Thru		P			Thru	P		
Right		P			Right	P		
Peds					Peds			
NB Right					EB Right			
SB Right					WB Right			
Green	20.0	26.0			35.0			
Yellow	3.0	3.0			3.0			
All Red	0.0	0.0			0.0			

Cycle Length: 90.0 secs

Intersection Performance Summary

Appr/Lane Grp	Lane Group Capacity	Adj Sat Flow Rate (s)	Ratios		Lane Group		Approach	
			v/c	g/C	Delay	LOS	Delay	LOS

Eastbound

LTR 428 1482 0.54 0.29 31.8 C 31.8 C

Westbound

LT 358 1611 0.35 0.22 32.3 C 42.8 D
 R 276 1243 0.73 0.22 49.4 D

Northbound

Southbound

LT 574 1476 0.49 0.39 23.8 C 23.1 C
 R 385 990 0.12 0.39 18.3 B

Intersection Delay = 32.6 (sec/veh) Intersection LOS = C

HCS2000: Signalized Intersections Release 4.1

Alexa

Phone: Fax:
E-Mail:

OPERATIONAL ANALYSIS

Analyst: Intersección
 Intersection: Av. Leopoldo Freire
 Agency/Co.: Trabajo de disertación
 Area Type: CBD or Similar
 Date Performed: 14/11/2022
 Jurisdiction: Riobamba
 Analysis Time Period: Horas pico 19:00-19:15 PM
 Analysis Year: 2022
 Project ID: Análisis de la congestión vehicular en 4 puntos críticos
 East/West Street North/South Street
 Av Eloy Alfaro Av Leopoldo Freire

VOLUME DATA

	Eastbound			Westbound			Northbound			Southbound		
	L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R
Volume	55	135	17	15	98	181				67	188	41
% Heavy Veh	7	10	14	4	1	8				9	5	19
PHF	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90				0.90	0.90	0.90
PK 15 Vol	15	38	5	4	27	50				19	52	11
Hi Ln Vol												
% Grade		1			1						1	
Ideal Sat		1900			1900	1900					1900	1900
ParkExist	X											X
NumPark	4											8
No. Lanes	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
LGConfig		LTR			LT	R					LT	R
Lane Width		4.8			3.3	3.3					3.3	3.3
RTOR Vol			0			0						0
Adj Flow		230			126	201					283	46
%InSharedLn												
Prop LTs												
Prop RTs					0.000	1.000					0.000	1.000
Peds Bikes	0			0			0			0		
Buses		5			0	10					9	5
%InProtPhase												
Duration	1.00											

Area Type: CBD or Similar

Saturation Flow Rate (see Exhibit 16-7 to determine the adjustment factors) _____

LG	Eastbound		Westbound		Northbound			Southbound	
	LTR		LT	R				LT	R
So	1900		1900	1900				1900	1900
Lanes	0	0	0	0	0	0	0	0	0
fW	1.133		0.967	0.967				0.967	0.967
fHV	0.913		0.986	0.926				0.943	0.840
fG	0.995		0.995	0.995				0.995	0.995
fP	0.880		1.000	1.000				1.000	0.860
fBB	0.980		1.000	0.960				0.964	0.980
fA	0.90		0.90	0.90				0.90	0.90
fLU	1.00		1.00	1.00				1.00	1.00
fRT	0.989		1.000	0.850				1.000	0.850
fLT	0.987		0.993					0.987	
Sec.									
fLpb	1.000		1.000					1.000	
fRpb	1.000		1.000	1.000				1.000	1.000
S	1482		1611	1243				1476	990
Sec.									

CAPACITY ANALYSIS WORKSHEET

Capacity Analysis and Lane Group Capacity

Appr/ Mvmt	Lane Group	Adj Flow Rate (v)	Adj Sat Flow Rate (s)	Flow Ratio (v/s)	Green Ratio (g/C)	--Lane Group-- Capacity (c)	v/c Ratio
Eastbound							
	Prot						
	Perm						
	Left						
	Prot						
	Perm						
Thru	LTR	230	1482	# 0.16	0.29	428	0.54
	Right						
Westbound							
	Prot						
	Perm						
	Left						
	Prot						
	Perm						
Thru	LT	126	1611	0.08	0.22	358	0.35
Right	R	201	1243	# 0.16	0.22	276	0.73
Northbound							
	Prot						
	Perm						
	Left						
	Prot						
	Perm						
Thru							
Right							
Southbound							
	Prot						
	Perm						
	Left						
	Prot						
	Perm						
Thru	LT	283	1476	# 0.19	0.39	574	0.49
Right	R	46	990	0.05	0.39	385	0.12

Sum of flow ratios for critical lane groups, $Y_c = \text{Sum (v/s)} = 0.51$

Total lost time per cycle, $L = 9.00 \text{ sec}$

Critical flow rate to capacity ratio, $X_c = (Y_c) (C) / (C-L) = 0.57$

HCS2000: Signalized Intersections Release 4.1

Analyst: Intersección Inter.: Av. Daniel León Borja
 Agency: Trabajo de disertación Area Type: CBD or Similar
 Date: 14/11/2022 Jurisd: Riobamba
 Period: Horas pico 7:00-7:15 AM Year: 2022
 Project ID: Análisis de la congestión vehicular en 4 puntos críticos
 E/W St: Av. La Prensa N/S St: Av. Daniel León Borja

SIGNALIZED INTERSECTION SUMMARY

	Eastbound			Westbound			Northbound			Southbound		
	L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R
No. Lanes	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1
LGConfig		LT	R		LT	R		LT	R		LT	R
Volume	84	86	83	99	147	88	89	135	79	74	90	79
Lane Width		2.6	2.6		2.4	2.4		2.4	2.4		3.5	3.5
RTOR Vol			0			0			0			0

Duration	0.25	Area Type: CBD or Similar										
Signal Operations												
Phase Combination	1	2	3	4	5	6	7	8				
EB Left		P			NB Left	P						
Thru		P			Thru	P						
Right		P			Right	P						
Peds					Peds							
WB Left			P		SB Left	P						
Thru			P		Thru	P						
Right			P		Right	P						
Peds					Peds							
NB Right					EB Right							
SB Right					WB Right							
Green		33.0	22.0			28.0						
Yellow		3.0	3.0			3.0						
All Red		0.0	0.0			0.0						

Cycle Length: 92.0 secs

Intersection Performance Summary

Appr/ Lane Grp	Lane Group Capacity	Adj Sat Flow Rate (s)	Ratios		Lane Group		Approach	
			v/c	g/C	Delay	LOS	Delay	LOS
Eastbound								
LT	511	1424	0.37	0.36	23.9	C	23.0	C
R	463	1292	0.20	0.36	21.3	C		
Westbound								
LT	343	1436	0.80	0.24	50.1	D	45.7	D
R	259	1085	0.38	0.24	33.4	C		
Northbound								
LT	302	992	0.82	0.30	51.6	D	44.8	D
R	385	1266	0.23	0.30	25.3	C		
Southbound								
LT	310	1017	0.59	0.30	35.0+	D	31.9	C
R	372	1222	0.24	0.30	25.5	C		
Intersection Delay = 37.4 (sec/veh)					Intersection LOS = D			

HCS2000: Signalized Intersections Release 4.1

Alexa

Phone: Fax:
E-Mail:

OPERATIONAL ANALYSIS

Analyst: Intersección
 Intersection: Av. Daniel León Borja
 Agency/Co.: Trabajo de disertación
 Area Type: CBD or Similar
 Date Performed: 14/11/2022
 Jurisdiction: Riobamba
 Analysis Time Period: Horas pico 7:00-7:15 AM
 Analysis Year: 2022
 Project ID: Análisis de la congestión vehicular en 4 puntos críticos
 East/West Street North/South Street
 Av. La Prensa Av. Daniel León Borja

VOLUME DATA

	Eastbound			Westbound			Northbound			Southbound		
	L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R
Volume	84	86	83	99	147	88	89	135	79	74	90	79
% Heavy Veh	1	4	0	0	2	1	2	1	0	0	0	0
PHF	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
PK 15 Vol	23	24	23	28	41	24	25	38	22	21	25	22
Hi Ln Vol												
% Grade		0			0			-1			0	
Ideal Sat		1900	1900		1900	1900		1900	1900		1900	1900
ParkExist						X						X
NumPark						6						10
No. Lanes	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1
LGConfig		LT	R		LT	R		LT	R		LT	R
Lane Width		2.6	2.6		2.4	2.4		2.4	2.4		3.5	3.5
RTOR Vol			0			0			0			0
Adj Flow		189	92		273	98		249	88		182	88
%InSharedLn												
Prop LTs								0.398			0.451	
Prop RTs				0.000	1.000		0.000	1.000		0.000	1.000	
Peds Bikes	0			0			0			0		
Buses		4	0		0	0		0	0		0	0
%InProtPhase												
Duration	0.25											

Area Type: CBD or Similar

HCS2000: Signalized Intersections Release 4.1

Analyst: Intersección Inter.: Av. Daniel León Borja
 Agency: Trabajo de disertación Area Type: CBD or Similar
 Date: 14/11/2022 Jurisd: Riobamba
 Period: Horas pico 12:30-12:45 PM Year: 2022
 Project ID: Análisis de la congestión vehicular en 4 puntos críticos
 E/W St: Av. La Prensa N/S St: Av. Daniel León Borja

SIGNALIZED INTERSECTION SUMMARY

	Eastbound			Westbound			Northbound			Southbound		
	L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R
No. Lanes	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1
LGConfig		LT	R		LT	R		LT	R		LT	R
Volume	54	54	47	58	99	59	56	95	44	43	58	48
Lane Width		2.6	2.6		2.4	2.4		2.4	2.4		3.5	3.5
RTOR Vol			0			0			0			0

Duration	0.25	Area Type: CBD or Similar										
Signal Operations												
Phase Combination	1	2	3	4	5	6	7	8				
EB Left		P			NB Left	P						
Thru		P			Thru	P						
Right		P			Right	P						
Peds					Peds							
WB Left			P		SB Left	P						
Thru			P		Thru	P						
Right			P		Right	P						
Peds					Peds							
NB Right					EB Right							
SB Right					WB Right							
Green		33.0	22.0			28.0						
Yellow		3.0	3.0			3.0						
All Red		0.0	0.0			0.0						

Cycle Length: 92.0 secs

Intersection Performance Summary

Appr/ Lane Grp	Lane Group Capacity	Adj Sat Flow Rate (s)	Ratios		Lane Group		Approach	
			v/c	g/C	Delay	LOS	Delay	LOS
Eastbound								
LT	487	1357	0.25	0.36	22.0	C	21.4	C
R	463	1292	0.11	0.36	20.2	C		
Westbound								
LT	341	1428	0.51	0.24	35.7	D	34.3	C
R	263	1098	0.25	0.24	30.6	C		
Northbound								
LT	380	1250	0.44	0.30	29.4	C	28.2	C
R	385	1266	0.13	0.30	23.8	C		
Southbound								
LT	429	1408	0.26	0.30	25.7	C	25.1	C
R	380	1250	0.14	0.30	24.0	C		
Intersection Delay = 27.9			(sec/veh)		Intersection LOS = C			

HCS2000: Signalized Intersections Release 4.1

Alexa

Phone: Fax:
E-Mail:

OPERATIONAL ANALYSIS

Analyst: Intersección
 Intersection: Av. Daniel León Borja
 Agency/Co.: Trabajo de disertación
 Area Type: CBD or Similar
 Date Performed: 14/11/2022
 Jurisdiction: Riobamba
 Analysis Time Period: Horas pico 12:30-12:45 PM
 Analysis Year: 2022
 Project ID: Análisis de la congestión vehicular en 4 puntos críticos
 East/West Street North/South Street
 Av. La Prensa Av. Daniel León Borja

VOLUME DATA

	Eastbound			Westbound			Northbound			Southbound		
	L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R
Volume	54	54	47	58	99	59	56	95	44	43	58	48
% Heavy Veh	1	7	0	0	3	1	2	4	0	0	2	0
PHF	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
PK 15 Vol	15	15	13	16	28	16	16	26	12	12	16	13
Hi Ln Vol												
% Grade		0			0			-1			0	
Ideal Sat		1900	1900		1900	1900		1900	1900		1900	1900
ParkExist						X						X
NumPark						4						6
No. Lanes	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1
LGConfig		LT	R		LT	R		LT	R		LT	R
Lane Width		2.6	2.6		2.4	2.4		2.4	2.4		3.5	3.5
RTOR Vol			0			0			0			0
Adj Flow		120	52		174	66		168	49		112	53
%InSharedLn												
Prop LTs								0.369			0.429	
Prop RTs				0.000	1.000		0.000	1.000		0.000	1.000	
Peds Bikes	0			0			0			0		
Buses		12	0		0	0		0	0		0	0
%InProtPhase												
Duration	0.25											

Area Type: CBD or Similar

Saturation Flow Rate (see Exhibit 16-7 to determine the adjustment factors) _____

LG	Eastbound		Westbound		Northbound		Southbound	
	LT	R	LT	R	LT	R	LT	R
So	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lanes	0	0	0	0	0	0	0	0
fW	0.889	0.889	0.867	0.867	0.867	0.867	0.989	0.989
fHV	0.962	1.000	0.981	0.990	0.968	1.000	0.989	1.000
fG	1.000	1.000	1.000	1.000	1.005	1.005	1.000	1.000
fP	1.000	1.000	1.000	0.880	1.000	1.000	1.000	0.870
fBB	0.952	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
fA	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
fLU	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
fRT	1.000	0.850	1.000	0.850	1.000	0.850	1.000	0.850
fLT	0.976		0.982		0.867		0.842	
Sec.								
fLpb	1.000		1.000		1.000		1.000	
fRpb	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
S	1357	1292	1428	1098	1250	1266	1408	1250
Sec.								

CAPACITY ANALYSIS WORKSHEET

Capacity Analysis and Lane Group Capacity

Appr/ Mvmt	Lane Group	Adj Flow Rate (v)	Adj Sat Flow Rate (s)	Flow Ratio (v/s)	Green Ratio (g/C)	--Lane Group-- Capacity (c)	v/c Ratio
Eastbound							
Thru	LT	120	1357	# 0.09	0.36	487	0.25
Right	R	52	1292	0.04	0.36	463	0.11
Westbound							
Thru	LT	174	1428	# 0.12	0.24	341	0.51
Right	R	66	1098	0.06	0.24	263	0.25
Northbound							
Thru	LT	168	1250	# 0.13	0.30	380	0.44
Right	R	49	1266	0.04	0.30	385	0.13
Southbound							
Thru	LT	112	1408	0.08	0.30	429	0.26
Right	R	53	1250	0.04	0.30	380	0.14

Sum of flow ratios for critical lane groups, $Y_c = \text{Sum (v/s)} = 0.34$
 Total lost time per cycle, $L = 9.00 \text{ sec}$
 Critical flow rate to capacity ratio, $X_c = (Y_c) (C) / (C-L) = 0.38$

HCS2000: Signalized Intersections Release 4.1

Analyst: Intersección Inter.: Av. Daniel León Borja
 Agency: Trabajo de disertación Area Type: CBD or Similar
 Date: 14/11/2022 Jurisd: Riobamba
 Period: Horas pico 18:30-18:45 PM Year: 2022
 Project ID: Análisis de la congestión vehicular en 4 puntos críticos
 E/W St: Av. La Prensa N/S St: Av. Daniel León Borja

SIGNALIZED INTERSECTION SUMMARY

	Eastbound			Westbound			Northbound			Southbound		
	L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R
No. Lanes	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1
LGConfig		LT	R		LT	R		LT	R		LT	R
Volume	75	68	67	75	118	85	71	101	64	59	74	68
Lane Width		2.6	2.6		2.4	2.4		2.4	2.4		3.5	3.5
RTOR Vol			0			0			0			0

Duration	0.25	Area Type: CBD or Similar										
Signal Operations												
Phase Combination	1	2	3	4	5	6	7	8				
EB Left		P			NB Left	P						
Thru		P			Thru	P						
Right		P			Right	P						
Peds					Peds							
WB Left			P		SB Left	P						
Thru			P		Thru	P						
Right			P		Right	P						
Peds					Peds							
NB Right					EB Right							
SB Right					WB Right							
Green		33.0	22.0			28.0						
Yellow		3.0	3.0			3.0						
All Red		0.0	0.0			0.0						

Cycle Length: 92.0 secs

Intersection Performance Summary

Appr/ Lane Grp	Lane Group Capacity	Adj Sat Flow Rate (s)	Ratios		Lane Group		Approach	
			v/c	g/C	Delay	LOS	Delay	LOS
Eastbound								
LT	513	1429	0.31	0.36	22.9	C	22.2	C
R	463	1292	0.16	0.36	20.8	C		
Westbound								
LT	341	1428	0.63	0.24	39.8	D	37.7	D
R	263	1098	0.36	0.24	32.9	C		
Northbound								
LT	346	1137	0.55	0.30	33.0	C	30.7	C
R	385	1266	0.18	0.30	24.6	C		
Southbound								
LT	377	1238	0.39	0.30	28.3	C	27.2	C
R	374	1229	0.20	0.30	25.0	C		
Intersection Delay = 30.1 (sec/veh)					Intersection LOS = C			

HCS2000: Signalized Intersections Release 4.1

Alexa

Phone: Fax:
E-Mail:

OPERATIONAL ANALYSIS

Analyst: Intersección
 Intersection: Av. Daniel León Borja
 Agency/Co.: Trabajo de disertación
 Area Type: CBD or Similar
 Date Performed: 14/11/2022
 Jurisdiction: Riobamba
 Analysis Time Period: Horas pico 18:30-18:45 PM
 Analysis Year: 2022
 Project ID: Análisis de la congestión vehicular en 4 puntos críticos
 East/West Street North/South Street
 Av. La Prensa Av. Daniel León Borja

VOLUME DATA

	Eastbound			Westbound			Northbound			Southbound		
	L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R
Volume	75	68	67	75	118	85	71	101	64	59	74	68
% Heavy Veh	0	5	0	0	3	1	1	2	0	0	1	0
PHF	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
PK 15 Vol	21	19	19	21	33	24	20	28	18	16	21	19
Hi Ln Vol												
% Grade		0			0			-1			0	
Ideal Sat		1900	1900		1900	1900		1900	1900		1900	1900
ParkExist						X						X
NumPark						4						9
No. Lanes	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1
LGConfig		LT	R		LT	R		LT	R		LT	R
Lane Width		2.6	2.6		2.4	2.4		2.4	2.4		3.5	3.5
RTOR Vol			0			0			0			0
Adj Flow		159	74		214	94		191	71		148	76
%InSharedLn												
Prop LTs								0.414			0.446	
Prop RTs				0.000	1.000		0.000	1.000		0.000	1.000	
Peds Bikes	0			0			0			0		
Buses		3	0		0	0		0	0		0	0
%InProtPhase												
Duration	0.25											

Area Type: CBD or Similar

Saturation Flow Rate (see Exhibit 16-7 to determine the adjustment factors) _____

LG	Eastbound		Westbound		Northbound		Southbound	
	LT	R	LT	R	LT	R	LT	R
So	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lanes 0	1	1	0	1	1	0	1	1
fW	0.889	0.889	0.867	0.867	0.867	0.867	0.989	0.989
fHV	0.977	1.000	0.982	0.990	0.984	1.000	0.994	1.000
fG	1.000	1.000	1.000	1.000	1.005	1.005	1.000	1.000
fP	1.000	1.000	1.000	0.880	1.000	1.000	1.000	0.855
fBB	0.988	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
fA	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
fLU	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
fRT	1.000	0.850	1.000	0.850	1.000	0.850	1.000	0.850
fLT	0.975		0.981		0.775		0.736	
Sec.								
fLpb	1.000		1.000		1.000		1.000	
fRpb	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
S	1429	1292	1428	1098	1137	1266	1238	1229
Sec.								

CAPACITY ANALYSIS WORKSHEET

Capacity Analysis and Lane Group Capacity

Appr/ Mvmt	Lane Group	Adj Flow Rate (v)	Adj Sat Flow Rate (s)	Flow Ratio (v/s)	Green Ratio (g/C)	--Lane Group-- Capacity (c)	v/c Ratio
Eastbound							
	Prot						
	Perm						
	Left						
	Prot						
	Perm						
Thru	LT	159	1429	# 0.11	0.36	513	0.31
Right	R	74	1292	0.06	0.36	463	0.16
Westbound							
	Prot						
	Perm						
	Left						
	Prot						
	Perm						
Thru	LT	214	1428	# 0.15	0.24	341	0.63
Right	R	94	1098	0.09	0.24	263	0.36
Northbound							
	Prot						
	Perm						
	Left						
	Prot						
	Perm						
Thru	LT	191	1137	# 0.17	0.30	346	0.55
Right	R	71	1266	0.06	0.30	385	0.18
Southbound							
	Prot						
	Perm						
	Left						
	Prot						
	Perm						
Thru	LT	148	1238	0.12	0.30	377	0.39
Right	R	76	1229	0.06	0.30	374	0.20

Sum of flow ratios for critical lane groups, $Y_c = \text{Sum (v/s)} = 0.43$

Total lost time per cycle, $L = 9.00 \text{ sec}$

Critical flow rate to capacity ratio, $X_c = (Y_c) (C) / (C-L) = 0.48$

HCS2000: Signalized Intersections Release 4.1

Analyst: Intersección Inter.: Av. José Antonio de Lizarzabu
 Agency: Trabajo de disertación Area Type: CBD or Similar
 Date: 14/11/2022 Jurisd: Riobamba
 Period: Horas pico 7:00-7:15AM Year: 2022
 Project ID: Análisis de la congestión vehicular en 4 puntos críticos
 E/W St: Av. Monseñor Leónidas Proaño N/S St: Av. José Antonio de Lizarzabu

SIGNALIZED INTERSECTION SUMMARY

	Eastbound			Westbound			Northbound			Southbound		
	L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R
No. Lanes	0	1	1	0	1	1	0	2	1	0	1	1
LGConfig		LT	R		LT	R		LT	R		LT	R
Volume	25	65	35	65	47	30	52	175	69	32	212	31
Lane Width		4.6	4.6		4.4	4.4		4.3	4.3		3.5	3.5
RTOR Vol			0			0			0			0

Duration	0.25	Area Type: CBD or Similar										
Signal Operations												
Phase Combination	1	2	3	4	5	6	7	8				
EB Left		P			NB Left	P						
Thru		P			Thru	P						
Right		P			Right	P						
Peds					Peds							
WB Left			P		SB Left		P					
Thru			P		Thru		P					
Right			P		Right		P					
Peds					Peds							
NB Right					EB Right							
SB Right					WB Right							
Green		23.0	29.0			28.0	28.0					
Yellow		3.0	3.0			3.0	3.0					
All Red		0.0				0.0	0.0					

Cycle Length: 120.0 secs

Intersection Performance Summary

Appr/ Lane Grp	Lane Group Capacity	Adj Sat Flow Rate (s)	Ratios		Lane Group		Approach	
			v/c	g/C	Delay	LOS	Delay	LOS
Eastbound								
LT	306	1595	0.33	0.19	44.7	D	43.9	D
R	234	1223	0.17	0.19	42.0	D		
Westbound								
LT	365	1511	0.34	0.24	40.1	D	39.3	D
R	275	1137	0.12	0.24	36.4	D		
Northbound								
LT	709	3039	0.36	0.23	39.8	D	39.8	D
R	303	1300	0.25	0.23	39.5	D		
Southbound								
LT	294	1259	0.93	0.23	81.4	F	76.4	E
R	302	1295	0.11	0.23	37.0	D		
Intersection Delay = 52.4 (sec/veh)					Intersection LOS = D			

HCS2000: Signalized Intersections Release 4.1

Alexa

Phone: Fax:
E-Mail:

OPERATIONAL ANALYSIS

Analyst: Intersección
 Intersection: Av. José Antonio de Lizarzabu
 Agency/Co.: Trabajo de disertación
 Area Type: CBD or Similar
 Date Performed: 14/11/2022
 Jurisdiction: Riobamba
 Analysis Time Period: Horas pico 7:00-7:15AM
 Analysis Year: 2022
 Project ID: Análisis de la congestión vehicular en 4 puntos críticos
 East/West Street North/South Street
 Av. Monseñor Leónidas Proaño Av. José Antonio de Lizarzabu

VOLUME DATA

	Eastbound			Westbound			Northbound			Southbound		
	L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R
Volume	25	65	35	65	47	30	52	175	69	32	212	31
% Heavy Veh	27	10	29	23	11	36	16	9	17	37	15	11
PHF	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
PK 15 Vol	7	18	10	18	13	8	14	49	19	9	59	9
Hi Ln Vol												
% Grade		-1			-1			1			0	
Ideal Sat		1900	1900		1900	1900		1900	1900		1900	1900
ParkExist												
NumPark												
No. Lanes	0	1	1	0	1	1	0	2	1	0	1	1
LGConfig		LT	R		LT	R		LT	R		LT	R
Lane Width		4.6	4.6		4.4	4.4		4.3	4.3		3.5	3.5
RTOR Vol			0			0			0			0
Adj Flow		100	39		124	33		252	77		272	34
%InSharedLn												
Prop LTs												
Prop RTs				0.000	1.000		0.000	1.000		0.000	1.000	
Peds Bikes	0			0			0			0		
Buses		7	7		5	7		12	6		29	0
%InProtPhase												
Duration	0.25											

Area Type: CBD or Similar

Saturation Flow Rate (see Exhibit 16-7 to determine the adjustment factors) _____

LG	Eastbound		Westbound		Northbound		Southbound	
	LT	R	LT	R	LT	R	LT	R
So	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lanes 0	1	1	0	1	1	0	1	1
fW	1.111	1.111	1.089	1.089	1.078	1.078	0.989	0.989
fHV	0.871	0.775	0.848	0.735	0.904	0.855	0.848	0.901
fG	1.005	1.005	1.005	1.005	0.995	0.995	1.000	1.000
fP	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
fBB	0.972	0.972	0.980	0.972	0.976	0.976	0.884	1.000
fA	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
fLU	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	1.00	1.00	1.00
fRT	1.000	0.850	1.000	0.850	1.000	0.850	1.000	0.850
fLT	0.986		0.972		0.989		0.993	
Sec.								
fLpb	1.000		1.000		1.000		1.000	
fRpb	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
S	1595	1223	1511	1137	3039	1300	1259	1295
Sec.								

CAPACITY ANALYSIS WORKSHEET

Capacity Analysis and Lane Group Capacity

Appr/ Mvmt	Lane Group	Adj Flow Rate (v)	Adj Sat Flow Rate (s)	Flow Ratio (v/s)	Green Ratio (g/C)	--Lane Group-- Capacity (c)	v/c Ratio
Eastbound							
Thru	LT	100	1595	# 0.06	0.19	306	0.33
Right	R	39	1223	0.03	0.19	234	0.17
Westbound							
Thru	LT	124	1511	# 0.08	0.24	365	0.34
Right	R	33	1137	0.03	0.24	275	0.12
Northbound							
Thru	LT	252	3039	# 0.08	0.23	709	0.36
Right	R	77	1300	0.06	0.23	303	0.25
Southbound							
Thru	LT	272	1259	# 0.22	0.23	294	0.93
Right	R	34	1295	0.03	0.23	302	0.11

Sum of flow ratios for critical lane groups, $Y_c = \text{Sum (v/s)} = 0.44$

Total lost time per cycle, $L = 12.00 \text{ sec}$

Critical flow rate to capacity ratio, $X_c = (Y_c) (C) / (C-L) = 0.49$

HCS2000: Signalized Intersections Release 4.1

Analyst: Intersección Inter.: Av. José Antonio de Lizarzabu
 Agency: Trabajo de disertación Area Type: CBD or Similar
 Date: 14/11/2022 Jurisd: Riobamba
 Period: Horas pico 13:00-13:15 PM Year: 2022
 Project ID: Análisis de la congestión vehicular en 4 puntos críticos
 E/W St: Av. Monseñor Leónidas Proaño N/S St: Av. José Antonio de Lizarzabu

SIGNALIZED INTERSECTION SUMMARY

	Eastbound			Westbound			Northbound			Southbound		
	L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R
No. Lanes	0	1	1	0	1	1	0	2	1	0	1	1
LGConfig		LT	R		LT	R		LT	R		LT	R
Volume	26	58	28	88	75	29	63	164	75	64	153	35
Lane Width		4.6	4.6		4.4	4.4		4.3	4.3		3.5	3.5
RTOR Vol			0			0			0			0

Duration	0.25	Area Type: CBD or Similar										
Signal Operations												
Phase Combination	1	2	3	4	5	6	7	8				
EB Left		P			NB Left	P						
Thru		P			Thru	P						
Right		P			Right	P						
Peds					Peds							
WB Left			P		SB Left		P					
Thru			P		Thru		P					
Right			P		Right		P					
Peds					Peds							
NB Right					EB Right							
SB Right					WB Right							
Green		23.0	29.0			28.0	28.0					
Yellow		3.0	3.0			3.0	3.0					
All Red		0.0				0.0	0.0					

Cycle Length: 120.0 secs

Intersection Performance Summary

Appr/ Lane Grp	Lane Group Capacity	Adj Sat Flow Rate (s)	Ratios		Lane Group		Approach	
			v/c	g/C	Delay	LOS	Delay	LOS
Eastbound								
LT	313	1631	0.30	0.19	44.0	D	43.3	D
R	243	1268	0.13	0.19	41.3	D		
Westbound								
LT	396	1640	0.46	0.24	42.6	D	41.6	D
R	303	1252	0.11	0.24	36.1	D		
Northbound								
LT	715	3066	0.35	0.23	39.8	D	39.7	D
R	333	1426	0.25	0.23	39.2	D		
Southbound								
LT	326	1395	0.74	0.23	56.6	E	53.9	D
R	299	1283	0.13	0.23	37.3	D		
Intersection Delay = 44.8 (sec/veh) Intersection LOS = D								

HCS2000: Signalized Intersections Release 4.1

Alexa

Phone: Fax:
E-Mail:

OPERATIONAL ANALYSIS

Analyst: Intersección
 Intersection: Av. José Antonio de Lizarzabu
 Agency/Co.: Trabajo de disertación
 Area Type: CBD or Similar
 Date Performed: 14/11/2022
 Jurisdiction: Riobamba
 Analysis Time Period: Horas pico 13:00-13:15 PM
 Analysis Year: 2022
 Project ID: Análisis de la congestión vehicular en 4 puntos críticos
 East/West Street North/South Street
 Av. Monseñor Leónidas Proaño Av. José Antonio de Lizarzabu

VOLUME DATA

	Eastbound			Westbound			Northbound			Southbound		
	L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R
Volume	26	58	28	88	75	29	63	164	75	64	153	35
% Heavy Veh	18	14	26	13	6	25	13	8	8	9	13	12
PHF	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
PK 15 Vol	7	16	8	24	21	8	18	46	21	18	43	10
Hi Ln Vol												
% Grade		-1			-1			1			0	
Ideal Sat		1900	1900		1900	1900		1900	1900		1900	1900
ParkExist												
NumPark												
No. Lanes	0	1	1	0	1	1	0	2	1	0	1	1
LGConfig		LT	R		LT	R		LT	R		LT	R
Lane Width		4.6	4.6		4.4	4.4		4.3	4.3		3.5	3.5
RTOR Vol			0			0			0			0
Adj Flow		93	31		181	32		252	83		241	39
%InSharedLn												
Prop LTs												
Prop RTs				0.000	1.000		0.000	1.000		0.000	1.000	
Peds Bikes	0			0			0			0		
Buses		0	4		3	4		12	3		16	0
%InProtPhase												
Duration	0.25											

Area Type: CBD or Similar

Saturation Flow Rate (see Exhibit 16-7 to determine the adjustment factors) _____

LG	Eastbound		Westbound		Northbound		Southbound	
	LT	R	LT	R	LT	R	LT	R
So	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lanes 0	1	1	0	1	1	0	1	1
fW	1.111	1.111	1.089	1.089	1.078	1.078	0.989	0.989
fHV	0.868	0.794	0.911	0.800	0.914	0.926	0.894	0.893
fG	1.005	1.005	1.005	1.005	0.995	0.995	1.000	1.000
fP	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
fBB	1.000	0.984	0.988	0.984	0.976	0.988	0.936	1.000
fA	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
fLU	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	1.00	1.00	1.00
fRT	1.000	0.850	1.000	0.850	1.000	0.850	1.000	0.850
fLT	0.985		0.974		0.986		0.985	
Sec.								
fLpb	1.000		1.000		1.000		1.000	
fRpb	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
S	1631	1268	1640	1252	3066	1426	1395	1283
Sec.								

CAPACITY ANALYSIS WORKSHEET

Capacity Analysis and Lane Group Capacity

Appr/ Mvmt	Lane Group	Adj Flow Rate (v)	Adj Sat Flow Rate (s)	Flow Ratio (v/s)	Green Ratio (g/C)	--Lane Group-- Capacity (c)	v/c Ratio
Eastbound							
Thru	LT	93	1631	# 0.06	0.19	313	0.30
Right	R	31	1268	0.02	0.19	243	0.13
Westbound							
Thru	LT	181	1640	# 0.11	0.24	396	0.46
Right	R	32	1252	0.03	0.24	303	0.11
Northbound							
Thru	LT	252	3066	# 0.08	0.23	715	0.35
Right	R	83	1426	0.06	0.23	333	0.25
Southbound							
Thru	LT	241	1395	# 0.17	0.23	326	0.74
Right	R	39	1283	0.03	0.23	299	0.13

Sum of flow ratios for critical lane groups, $Y_c = \text{Sum (v/s)} = 0.42$

Total lost time per cycle, $L = 12.00 \text{ sec}$

Critical flow rate to capacity ratio, $X_c = (Y_c) (C) / (C-L) = 0.47$

HCS2000: Signalized Intersections Release 4.1

Analyst: Intersección Inter.: Av. José Antonio de Lizarzabu
 Agency: Trabajo de disertación Area Type: CBD or Similar
 Date: 14/11/2022 Jurisd: Riobamba
 Period: Horas pico 18:45-19:00 PM Year: 2022
 Project ID: Análisis de la congestión vehicular en 4 puntos críticos
 E/W St: Av. Monseñor Leónidas Proaño N/S St: Av. José Antonio de Lizarzabu

SIGNALIZED INTERSECTION SUMMARY

	Eastbound			Westbound			Northbound			Southbound		
	L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R
No. Lanes	0	1	1	0	1	1	0	2	1	0	1	1
LGConfig		LT	R		LT	R		LT	R		LT	R
Volume	57	78	35	49	47	35	60	146	56	70	122	41
Lane Width		4.6	4.6		4.4	4.4		4.3	4.3		3.5	3.5
RTOR Vol			0			0			0			0

Duration	0.25	Area Type: CBD or Similar										
Signal Operations												
Phase Combination	1	2	3	4	5	6	7	8				
EB Left		P			NB Left	P						
Thru		P			Thru	P						
Right		P			Right	P						
Peds					Peds							
WB Left			P		SB Left		P					
Thru			P		Thru		P					
Right			P		Right		P					
Peds					Peds							
NB Right					EB Right							
SB Right					WB Right							
Green		23.0	29.0			28.0	28.0					
Yellow		3.0	3.0			3.0	3.0					
All Red		0.0				0.0	0.0					

Cycle Length: 120.0 secs

Intersection Performance Summary

Appr/ Lane Grp	Lane Group Capacity	Adj Sat Flow Rate (s)	Ratios		Lane Group		Approach	
			v/c	g/C	Delay	LOS	Delay	LOS
Eastbound								
LT	336	1752	0.45	0.19	47.1	D	46.0	D
R	246	1283	0.16	0.19	41.8	D		
Westbound								
LT	381	1575	0.28	0.24	38.8	D	38.1	D
R	318	1315	0.12	0.24	36.3	D		
Northbound								
LT	693	2968	0.33	0.23	39.5	D	39.2	D
R	325	1394	0.19	0.23	38.2	D		
Southbound								
LT	319	1366	0.67	0.23	52.5	D	49.9	D
R	316	1356	0.15	0.23	37.5	D		
Intersection Delay = 43.6 (sec/veh)					Intersection LOS = D			

HCS2000: Signalized Intersections Release 4.1

Alexa

Phone: Fax:
E-Mail:

OPERATIONAL ANALYSIS

Analyst: Intersección
 Intersection: Av. José Antonio de Lizarzabu
 Agency/Co.: Trabajo de disertación
 Area Type: CBD or Similar
 Date Performed: 14/11/2022
 Jurisdiction: Riobamba
 Analysis Time Period: Horas pico 18:45-19:00 PM
 Analysis Year: 2022
 Project ID: Análisis de la congestión vehicular en 4 puntos críticos
 East/West Street North/South Street
 Av. Monseñor Leónidas Proaño Av. José Antonio de Lizarzabu

VOLUME DATA

	Eastbound			Westbound			Northbound			Southbound		
	L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R
Volume	57	78	35	49	47	35	60	146	56	70	122	41
% Heavy Veh	5	8	24	16	12	19	16	12	10	10	16	6
PHF	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
PK 15 Vol	16	22	10	14	13	10	17	41	16	19	34	11
Hi Ln Vol												
% Grade		-1			-1			1			0	
Ideal Sat		1900	1900		1900	1900		1900	1900		1900	1900
ParkExist												
NumPark												
No. Lanes	0	1	1	0	1	1	0	2	1	0	1	1
LGConfig		LT	R		LT	R		LT	R		LT	R
Lane Width		4.6	4.6		4.4	4.4		4.3	4.3		3.5	3.5
RTOR Vol			0			0			0			0
Adj Flow		150	39		106	39		229	62		214	46
%InSharedLn												
Prop LTs												
Prop RTs				0.000	1.000		0.000	1.000		0.000	1.000	
Peds Bikes	0			0			0			0		
Buses	0	5		4	4		11	4		16	0	
%InProtPhase												
Duration	0.25											

Area Type: CBD or Similar

Saturation Flow Rate (see Exhibit 16-7 to determine the adjustment factors) _____

LG	Eastbound		Westbound		Northbound		Southbound	
	LT	R	LT	R	LT	R	LT	R
So	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lanes 0	1	1	0	1	1	0	2	1
fW	1.111	1.111		1.089	1.089		1.078	1.078
fHV	0.937	0.806		0.877	0.840		0.884	0.909
fG	1.005	1.005		1.005	1.005		0.995	0.995
fP	1.000	1.000		1.000	1.000		1.000	1.000
fBB	1.000	0.980		0.984	0.984		0.978	0.984
fA	0.90	0.90		0.90	0.90		0.90	0.90
fLU	1.00	1.00		1.00	1.00		0.95	1.00
fRT	1.000	0.850		1.000	0.850		1.000	0.850
fLT	0.979			0.975			0.986	
Sec.								
fLpb	1.000			1.000			1.000	
fRpb	1.000	1.000		1.000	1.000		1.000	1.000
S	1752	1283		1575	1315		2968	1394
Sec.								

CAPACITY ANALYSIS WORKSHEET

Capacity Analysis and Lane Group Capacity

Appr/ Mvmt	Lane Group	Adj Flow Rate (v)	Adj Sat Flow Rate (s)	Flow Ratio (v/s)	Green Ratio (g/C)	--Lane Group-- Capacity (c)	v/c Ratio
Eastbound							
Thru	LT	150	1752	# 0.09	0.19	336	0.45
Right	R	39	1283	0.03	0.19	246	0.16
Westbound							
Thru	LT	106	1575	# 0.07	0.24	381	0.28
Right	R	39	1315	0.03	0.24	318	0.12
Northbound							
Thru	LT	229	2968	# 0.08	0.23	693	0.33
Right	R	62	1394	0.04	0.23	325	0.19
Southbound							
Thru	LT	214	1366	# 0.16	0.23	319	0.67
Right	R	46	1356	0.03	0.23	316	0.15

Sum of flow ratios for critical lane groups, Yc = Sum (v/s) = 0.39

Total lost time per cycle, L = 12.00 sec

Critical flow rate to capacity ratio, Xc = (Yc) (C) / (C-L) = 0.43

HCS2000: Signalized Intersections Release 4.1

Analyst: Intersección Inter.: Av. José Antonio de Lizarzabu
 Agency: Trabajo de disertación Area Type: CBD or Similar
 Date: 14/11/2022 Jurisd: Riobamba
 Period: Horas pico 7:00-7:15AM Year: 2022
 Project ID: Análisis de la congestión vehicular en 4 puntos críticos
 E/W St: Av. Monseñor Leónidas Proaño N/S St: Av. José Antonio de Lizarzabu

SIGNALIZED INTERSECTION SUMMARY

	Eastbound			Westbound			Northbound			Southbound		
	L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R
No. Lanes	0	1	1	0	1	1	0	2	1	0	1	1
LGConfig		LT	R		LT	R		LT	R		LT	R
Volume	25	65	35	65	47	30	52	175	69	32	212	31
Lane Width		4.6	4.6		4.4	4.4		4.3	4.3		3.5	3.5
RTOR Vol			0			0			0			0

Duration	0.25	Area Type: CBD or Similar										
Signal Operations												
Phase Combination	1	2	3	4	5	6	7	8				
EB Left		P			NB Left	P						
Thru		P			Thru	P						
Right		P			Right	P						
Peds					Peds							
WB Left			P		SB Left		P					
Thru			P		Thru		P					
Right			P		Right		P					
Peds					Peds							
NB Right					EB Right							
SB Right					WB Right							
Green		23.0	29.0			28.0	28.0					
Yellow		3.0	3.0			3.0	3.0					
All Red		0.0				0.0	0.0					

Cycle Length: 120.0 secs

Intersection Performance Summary

Appr/ Lane Grp	Lane Group Capacity	Adj Sat Flow Rate (s)	Ratios		Lane Group		Approach	
			v/c	g/C	Delay	LOS	Delay	LOS
Eastbound								
LT	306	1595	0.33	0.19	44.7	D	43.9	D
R	234	1223	0.17	0.19	42.0	D		
Westbound								
LT	365	1511	0.34	0.24	40.1	D	39.3	D
R	275	1137	0.12	0.24	36.4	D		
Northbound								
LT	709	3039	0.36	0.23	39.8	D	39.8	D
R	303	1300	0.25	0.23	39.5	D		
Southbound								
LT	294	1259	0.93	0.23	81.4	F	76.4	E
R	302	1295	0.11	0.23	37.0	D		
Intersection Delay = 52.4 (sec/veh)					Intersection LOS = D			

HCS2000: Signalized Intersections Release 4.1

Alexa

Phone: Fax:
E-Mail:

OPERATIONAL ANALYSIS

Analyst: Intersección
 Intersection: Av. José Antonio de Lizarzabu
 Agency/Co.: Trabajo de disertación
 Area Type: CBD or Similar
 Date Performed: 14/11/2022
 Jurisdiction: Riobamba
 Analysis Time Period: Horas pico 7:00-7:15AM
 Analysis Year: 2022
 Project ID: Análisis de la congestión vehicular en 4 puntos críticos
 East/West Street North/South Street
 Av. Monseñor Leónidas Proaño Av. José Antonio de Lizarzabu

VOLUME DATA

	Eastbound			Westbound			Northbound			Southbound		
	L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R
Volume	25	65	35	65	47	30	52	175	69	32	212	31
% Heavy Veh	27	10	29	23	11	36	16	9	17	37	15	11
PHF	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
PK 15 Vol	7	18	10	18	13	8	14	49	19	9	59	9
Hi Ln Vol												
% Grade		-1			-1			1			0	
Ideal Sat		1900	1900		1900	1900		1900	1900		1900	1900
ParkExist												
NumPark												
No. Lanes	0	1	1	0	1	1	0	2	1	0	1	1
LGConfig		LT	R		LT	R		LT	R		LT	R
Lane Width		4.6	4.6		4.4	4.4		4.3	4.3		3.5	3.5
RTOR Vol			0			0			0			0
Adj Flow		100	39		124	33		252	77		272	34
%InSharedLn												
Prop LTs												
Prop RTs				0.000	1.000		0.000	1.000		0.000	1.000	
Peds Bikes	0			0			0			0		
Buses		7	7		5	7		12	6		29	0
%InProtPhase												
Duration	0.25											

Area Type: CBD or Similar

Saturation Flow Rate (see Exhibit 16-7 to determine the adjustment factors) _____

LG	Eastbound		Westbound		Northbound		Southbound	
	LT	R	LT	R	LT	R	LT	R
So	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lanes 0	1	1	0	1	1	0	1	1
fW	1.111	1.111	1.089	1.089	1.078	1.078	0.989	0.989
fHV	0.871	0.775	0.848	0.735	0.904	0.855	0.848	0.901
fG	1.005	1.005	1.005	1.005	0.995	0.995	1.000	1.000
fP	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
fBB	0.972	0.972	0.980	0.972	0.976	0.976	0.884	1.000
fA	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
fLU	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	1.00	1.00	1.00
fRT	1.000	0.850	1.000	0.850	1.000	0.850	1.000	0.850
fLT	0.986		0.972		0.989		0.993	
Sec.								
fLpb	1.000		1.000		1.000		1.000	
fRpb	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
S	1595	1223	1511	1137	3039	1300	1259	1295
Sec.								

CAPACITY ANALYSIS WORKSHEET

Capacity Analysis and Lane Group Capacity

Appr/ Mvmt	Lane Group	Adj Flow Rate (v)	Adj Sat Flow Rate (s)	Flow Ratio (v/s)	Green Ratio (g/C)	--Lane Group-- Capacity (c)	v/c Ratio
Eastbound							
Thru	LT	100	1595	# 0.06	0.19	306	0.33
Right	R	39	1223	0.03	0.19	234	0.17
Westbound							
Thru	LT	124	1511	# 0.08	0.24	365	0.34
Right	R	33	1137	0.03	0.24	275	0.12
Northbound							
Thru	LT	252	3039	# 0.08	0.23	709	0.36
Right	R	77	1300	0.06	0.23	303	0.25
Southbound							
Thru	LT	272	1259	# 0.22	0.23	294	0.93
Right	R	34	1295	0.03	0.23	302	0.11

Sum of flow ratios for critical lane groups, $Y_c = \text{Sum (v/s)} = 0.44$

Total lost time per cycle, $L = 12.00 \text{ sec}$

Critical flow rate to capacity ratio, $X_c = (Y_c) (C) / (C-L) = 0.49$

HCS2000: Signalized Intersections Release 4.1

Analyst: Intersección Inter.: Av. José Antonio de Lizarzabu
 Agency: Trabajo de disertación Area Type: CBD or Similar
 Date: 14/11/2022 Jurisd: Riobamba
 Period: Horas pico 13:00-13:15 PM Year: 2022
 Project ID: Análisis de la congestión vehicular en 4 puntos críticos
 E/W St: Av. Monseñor Leónidas Proaño N/S St: Av. José Antonio de Lizarzabu

SIGNALIZED INTERSECTION SUMMARY

	Eastbound			Westbound			Northbound			Southbound		
	L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R
No. Lanes	0	1	1	0	1	1	0	2	1	0	1	1
LGConfig		LT	R		LT	R		LT	R		LT	R
Volume	26	58	28	88	75	29	63	164	75	64	153	35
Lane Width		4.6	4.6		4.4	4.4		4.3	4.3		3.5	3.5
RTOR Vol			0			0			0			0

Duration	0.25	Area Type: CBD or Similar										
Signal Operations												
Phase Combination	1	2	3	4	5	6	7	8				
EB Left		P			NB Left	P						
Thru		P			Thru	P						
Right		P			Right	P						
Peds					Peds							
WB Left			P		SB Left		P					
Thru			P		Thru		P					
Right			P		Right		P					
Peds					Peds							
NB Right					EB Right							
SB Right					WB Right							
Green		23.0	29.0			28.0	28.0					
Yellow		3.0	3.0			3.0	3.0					
All Red		0.0				0.0	0.0					

Cycle Length: 120.0 secs

Intersection Performance Summary

Appr/ Lane Grp	Lane Group Capacity	Adj Sat Flow Rate (s)	Ratios		Lane Group		Approach	
			v/c	g/C	Delay	LOS	Delay	LOS
Eastbound								
LT	313	1631	0.30	0.19	44.0	D	43.3	D
R	243	1268	0.13	0.19	41.3	D		
Westbound								
LT	396	1640	0.46	0.24	42.6	D	41.6	D
R	303	1252	0.11	0.24	36.1	D		
Northbound								
LT	715	3066	0.35	0.23	39.8	D	39.7	D
R	333	1426	0.25	0.23	39.2	D		
Southbound								
LT	326	1395	0.74	0.23	56.6	E	53.9	D
R	299	1283	0.13	0.23	37.3	D		
Intersection Delay = 44.8 (sec/veh)					Intersection LOS = D			

HCS2000: Signalized Intersections Release 4.1

Alexa

Phone: Fax:
E-Mail:

OPERATIONAL ANALYSIS

Analyst: Intersección
 Intersection: Av. José Antonio de Lizarzabu
 Agency/Co.: Trabajo de disertación
 Area Type: CBD or Similar
 Date Performed: 14/11/2022
 Jurisdiction: Riobamba
 Analysis Time Period: Horas pico 13:00-13:15 PM
 Analysis Year: 2022
 Project ID: Análisis de la congestión vehicular en 4 puntos críticos
 East/West Street North/South Street
 Av. Monseñor Leónidas Proaño Av. José Antonio de Lizarzabu

VOLUME DATA

	Eastbound			Westbound			Northbound			Southbound		
	L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R
Volume	26	58	28	88	75	29	63	164	75	64	153	35
% Heavy Veh	18	14	26	13	6	25	13	8	8	9	13	12
PHF	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
PK 15 Vol	7	16	8	24	21	8	18	46	21	18	43	10
Hi Ln Vol												
% Grade		-1			-1			1			0	
Ideal Sat		1900	1900		1900	1900		1900	1900		1900	1900
ParkExist												
NumPark												
No. Lanes	0	1	1	0	1	1	0	2	1	0	1	1
LGConfig		LT	R		LT	R		LT	R		LT	R
Lane Width		4.6	4.6		4.4	4.4		4.3	4.3		3.5	3.5
RTOR Vol			0			0			0			0
Adj Flow		93	31		181	32		252	83		241	39
%InSharedLn												
Prop LTs												
Prop RTs				0.000	1.000		0.000	1.000		0.000	1.000	
Peds Bikes	0			0			0			0		
Buses		0	4		3	4		12	3		16	0
%InProtPhase												
Duration	0.25											

Area Type: CBD or Similar

Saturation Flow Rate (see Exhibit 16-7 to determine the adjustment factors) _____

LG	Eastbound		Westbound		Northbound		Southbound	
	LT	R	LT	R	LT	R	LT	R
So	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lanes 0	1	1	0	1	1	0	1	1
fW	1.111	1.111	1.089	1.089	1.078	1.078	0.989	0.989
fHV	0.868	0.794	0.911	0.800	0.914	0.926	0.894	0.893
fG	1.005	1.005	1.005	1.005	0.995	0.995	1.000	1.000
fP	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
fBB	1.000	0.984	0.988	0.984	0.976	0.988	0.936	1.000
fA	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
fLU	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	1.00	1.00	1.00
fRT	1.000	0.850	1.000	0.850	1.000	0.850	1.000	0.850
fLT	0.985		0.974		0.986		0.985	
Sec.								
fLpb	1.000		1.000		1.000		1.000	
fRpb	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
S	1631	1268	1640	1252	3066	1426	1395	1283
Sec.								

CAPACITY ANALYSIS WORKSHEET

Capacity Analysis and Lane Group Capacity

Appr/ Mvmt	Lane Group	Adj Flow Rate (v)	Adj Sat Flow Rate (s)	Flow Ratio (v/s)	Green Ratio (g/C)	--Lane Group-- Capacity (c)	v/c Ratio
Eastbound							
Thru	LT	93	1631	# 0.06	0.19	313	0.30
Right	R	31	1268	0.02	0.19	243	0.13
Westbound							
Thru	LT	181	1640	# 0.11	0.24	396	0.46
Right	R	32	1252	0.03	0.24	303	0.11
Northbound							
Thru	LT	252	3066	# 0.08	0.23	715	0.35
Right	R	83	1426	0.06	0.23	333	0.25
Southbound							
Thru	LT	241	1395	# 0.17	0.23	326	0.74
Right	R	39	1283	0.03	0.23	299	0.13

Sum of flow ratios for critical lane groups, $Y_c = \text{Sum (v/s)} = 0.42$

Total lost time per cycle, $L = 12.00 \text{ sec}$

Critical flow rate to capacity ratio, $X_c = (Y_c) (C) / (C-L) = 0.47$

HCS2000: Signalized Intersections Release 4.1

Analyst: Intersección Inter.: Av. José Antonio de Lizarzabu
 Agency: Trabajo de disertación Area Type: CBD or Similar
 Date: 14/11/2022 Jurisd: Riobamba
 Period: Horas pico 18:45-19:00 PM Year: 2022
 Project ID: Análisis de la congestión vehicular en 4 puntos críticos
 E/W St: Av. Monseñor Leónidas Proaño N/S St: Av. José Antonio de Lizarzabu

SIGNALIZED INTERSECTION SUMMARY

	Eastbound			Westbound			Northbound			Southbound		
	L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R
No. Lanes	0	1	1	0	1	1	0	2	1	0	1	1
LGConfig		LT	R		LT	R		LT	R		LT	R
Volume	57	78	35	49	47	35	60	146	56	70	122	41
Lane Width		4.6	4.6		4.4	4.4		4.3	4.3		3.5	3.5
RTOR Vol			0			0			0			0

Duration	0.25	Area Type: CBD or Similar											
Signal Operations													
Phase Combination	1	2	3	4	5	6	7	8					
EB Left		P			NB Left	P							
Thru		P			Thru	P							
Right		P			Right	P							
Peds					Peds								
WB Left			P		SB Left		P						
Thru			P		Thru		P						
Right			P		Right		P						
Peds					Peds								
NB Right					EB Right								
SB Right					WB Right								
Green		23.0	29.0			28.0	28.0						
Yellow		3.0	3.0			3.0	3.0						
All Red		0.0				0.0	0.0						

Cycle Length: 120.0 secs

Intersection Performance Summary

Appr/ Lane Grp	Lane Group Capacity	Adj Sat Flow Rate (s)	Ratios		Lane Group		Approach	
			v/c	g/C	Delay	LOS	Delay	LOS
Eastbound								
LT	336	1752	0.45	0.19	47.1	D	46.0	D
R	246	1283	0.16	0.19	41.8	D		
Westbound								
LT	381	1575	0.28	0.24	38.8	D	38.1	D
R	318	1315	0.12	0.24	36.3	D		
Northbound								
LT	693	2968	0.33	0.23	39.5	D	39.2	D
R	325	1394	0.19	0.23	38.2	D		
Southbound								
LT	319	1366	0.67	0.23	52.5	D	49.9	D
R	316	1356	0.15	0.23	37.5	D		
Intersection Delay = 43.6 (sec/veh)					Intersection LOS = D			

HCS2000: Signalized Intersections Release 4.1

Alexa

Phone: Fax:
E-Mail:

OPERATIONAL ANALYSIS

Analyst: Intersección
 Intersection: Av. José Antonio de Lizarzabu
 Agency/Co.: Trabajo de disertación
 Area Type: CBD or Similar
 Date Performed: 14/11/2022
 Jurisdiction: Riobamba
 Analysis Time Period: Horas pico 18:45-19:00 PM
 Analysis Year: 2022
 Project ID: Análisis de la congestión vehicular en 4 puntos críticos
 East/West Street North/South Street
 Av. Monseñor Leónidas Proaño Av. José Antonio de Lizarzabu

VOLUME DATA

	Eastbound			Westbound			Northbound			Southbound		
	L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R
Volume	57	78	35	49	47	35	60	146	56	70	122	41
% Heavy Veh	5	8	24	16	12	19	16	12	10	10	16	6
PHF	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
PK 15 Vol	16	22	10	14	13	10	17	41	16	19	34	11
Hi Ln Vol												
% Grade		-1			-1			1			0	
Ideal Sat		1900	1900		1900	1900		1900	1900		1900	1900
ParkExist												
NumPark												
No. Lanes	0	1	1	0	1	1	0	2	1	0	1	1
LGConfig		LT	R		LT	R		LT	R		LT	R
Lane Width		4.6	4.6		4.4	4.4		4.3	4.3		3.5	3.5
RTOR Vol			0			0			0			0
Adj Flow		150	39		106	39		229	62		214	46
%InSharedLn												
Prop LTs												
Prop RTs				0.000	1.000		0.000	1.000		0.000	1.000	
Peds Bikes	0			0			0			0		
Buses		0	5		4	4		11	4		16	0
%InProtPhase												
Duration	0.25											

Area Type: CBD or Similar

Saturation Flow Rate (see Exhibit 16-7 to determine the adjustment factors) _____

LG	Eastbound			Westbound			Northbound			Southbound	
	LT	R		LT	R		LT	R		LT	R
So	1900	1900		1900	1900		1900	1900		1900	1900
Lanes	0	1	0	1	1	0	2	1	0	1	1
fW	1.111	1.111		1.089	1.089		1.078	1.078		0.989	0.989
fHV	0.937	0.806		0.877	0.840		0.884	0.909		0.879	0.943
fG	1.005	1.005		1.005	1.005		0.995	0.995		1.000	1.000
fP	1.000	1.000		1.000	1.000		1.000	1.000		1.000	1.000
fBB	1.000	0.980		0.984	0.984		0.978	0.984		0.936	1.000
fA	0.90	0.90		0.90	0.90		0.90	0.90		0.90	0.90
fLU	1.00	1.00		1.00	1.00		0.95	1.00		1.00	1.00
fRT	1.000	0.850		1.000	0.850		1.000	0.850		1.000	0.850
fLT	0.979			0.975			0.986			0.982	
Sec.											
fLpb	1.000			1.000			1.000			1.000	
fRpb	1.000	1.000		1.000	1.000		1.000	1.000		1.000	1.000
S	1752	1283		1575	1315		2968	1394		1366	1356
Sec.											

CAPACITY ANALYSIS WORKSHEET

Capacity Analysis and Lane Group Capacity

Appr/ Mvmt	Lane Group	Adj Flow Rate (v)	Adj Sat Flow Rate (s)	Flow Ratio (v/s)	Green Ratio (g/C)	--Lane Group-- Capacity (c)	v/c Ratio
Eastbound							
	Prot						
	Perm						
	Left						
	Prot						
	Perm						
	Thru LT	150	1752	# 0.09	0.19	336	0.45
	Right R	39	1283	0.03	0.19	246	0.16
Westbound							
	Prot						
	Perm						
	Left						
	Prot						
	Perm						
	Thru LT	106	1575	# 0.07	0.24	381	0.28
	Right R	39	1315	0.03	0.24	318	0.12
Northbound							
	Prot						
	Perm						
	Left						
	Prot						
	Perm						
	Thru LT	229	2968	# 0.08	0.23	693	0.33
	Right R	62	1394	0.04	0.23	325	0.19
Southbound							
	Prot						
	Perm						
	Left						
	Prot						
	Perm						
	Thru LT	214	1366	# 0.16	0.23	319	0.67
	Right R	46	1356	0.03	0.23	316	0.15

Sum of flow ratios for critical lane groups, $Y_c = \text{Sum } (v/s) =$
0.39 Total lost time per cycle, $L = 12.00 \text{ sec}$
Critical flow rate to capacity ratio, $X_c = (Y_c) (C) / (C-L) = 0.43$