

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

*Trabajo de titulación previo a la
obtención del título de Ingeniero
Mecánico Automotriz*

PROYECTO TÉCNICO:

**“ANÁLISIS DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN LAS INTERSECCIONES VIALES
EN EL CENTRO HISTÓRICO DE LA CIUDAD DE LOJA, DETERMINANDO EL
NIVEL DE SERVICIO”**

AUTORES:

JACKSON RAFAEL OGOÑO AGUINSACA

LUIS FERNANDO OROZCO CALVA

TUTOR:

ING. FREDY GONZALO TACURI MOSCOSO, MSc.

CUENCA - ECUADOR

2020

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Jackson Rafael Ogoño Aguinsaca con documento de identificación N° 1105884140 y Luis Fernando Orozco Calva con documento de identificación N° 1105001620, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación: **“ANÁLISIS DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN LAS INTERSECCIONES VIALES EN EL CENTRO HISTÓRICO DE LA CIUDAD DE LOJA, DETERMINANDO EL NIVEL DE SERVICIO”**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: *Ingeniero Mecánico Automotriz*, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, octubre del 2020



Jackson Rafael Ogoño Aguinsaca

C.I. 1105884140



Luis Fernando Orozco Calva

C.I. 1105001620

CERTIFICACIÓN

Yo, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **“ANÁLISIS DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN LAS INTERSECCIONES VIALES EN EL CENTRO HISTÓRICO DE LA CIUDAD DE LOJA, DETERMINANDO EL NIVEL DE SERVICIO”**, realizado por Jackson Rafael Ogoño Aguirre y Luis Fernando Orozco Calva, obteniendo el *Proyecto Técnico*, que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, octubre del 2020



Ing. Fredy Gonzalo Tacuri Moscoso, MSc.

C.I. 0103369542

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Jackson Rafael Ogoño Aguisaca con documento de identificación N° 1105884140 y Luis Fernando Orozco Calva con documento de identificación N° 1105001620, autores del trabajo de titulación: **“ANÁLISIS DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN LAS INTERSECCIONES VIALES EN EL CENTRO HISTÓRICO DE LA CIUDAD DE LOJA, DETERMINANDO EL NIVEL DE SERVICIO”**, certificamos que el total contenido del *Proyecto Técnico* es de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, mayo del 2020



Jackson Rafael Ogoño Anguisaca

C.I. 1105884140



Luis Fernando Orozco Calva

C.I. 1105001620

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los más importantes anhelos que desee desde niño.

A mis padres José y Melva por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que son. Ha sido un orgullo y el privilegio de ser su hijo, son los mejores padres del mundo no hay comparación. .

A mis hermanas Tania, Alicia, María y Italo por estar siempre presentes, acompañándome y por el apoyo moral y económico que me brindaron a lo largo de esta etapa de mi vida, a mis sobrinos Sheymi y Jeferson por alegrarme en los momentos difíciles.

Jackson Rafael Ogoño

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación lo dedico principalmente a mis padres, Luis, Zenelia y a mi hermana Soraya, por su ayuda, trabajo y esfuerzo en todos estos años de mi vida, gracias al apoyo que me han brindado incondicionalmente he logrado completar mis estudios para convertirme en un profesional

A todas las personas que me apoyaron con su tiempo y ayuda, brindándome siempre su apoyo para cumplir mi meta.

Muchas gracias a todos.

Luis Orozco

AGRADECIMIENTOS

De manera especial a nuestro director de tesis, Ingeniero Fredy Tacuri y Javier Vázquez por su esfuerzo, dedicación y por habernos orientado a lo largo de todo este proceso investigativo para la elaboración del presente trabajo.

A todos los docentes de la Universidad Politécnica Salesiana que durante mis estudios me brindaron sus conocimientos para la formación profesional.

A todos los amigos que estuvieron presentes en el desarrollo de la tesis, y en nuestra formación académica y que de manera moral e incondicional nos ayudaron a la culminación del presente trabajo.

Jackson Rafael Ogoño

AGRADECIMIENTOS

De manera especial a nuestro director de tesis, Ingeniero Fredy Tacuri por su esfuerzo, orientación a lo largo de todo este proceso para la elaboración del presente trabajo.

A todos los docentes de la Universidad Politécnica Salesiana y amigos que estuvieron presentes en nuestra formación académica y que de manera incondicional nos ayudaron a la culminación del presente trabajo.

Luis Orozco

RESUMEN

El transporte es considerado un sector estratégico para el desarrollo de la economía, por lo que es importante buscar facilidades de movilidad. Sin embargo, en la ciudad de Loja el crecimiento acelerado (9% anual) del parque automotor complica la movilidad, lo cual provoca incrementos significativos en los tiempos de traslado, gasto de combustible adicional y elevada contaminación ambiental por los gases emitidos por los vehículos.

Debido a esto, la presente investigación tiene como finalidad analizar el tránsito vehicular en las intersecciones viales del centro de la ciudad de Loja, determinando el nivel de servicio y sugerir una posible solución. Esto se llevó a cabo principalmente con la medición de los parámetros variables como son: condiciones geométricas, tránsito vehicular y tiempos del ciclo semaforicos, que constituyen el módulo de entrada, posteriormente haciendo uso de estos parámetros se analizó y calculo flujo de saturación, grupo de carriles, cálculo de las demoras para finalmente determinar el nivel de servicio.

Los resultados obtenidos muestran niveles de servicio tipo “C” y “D” que significa demoras entre 20.1 a 35.0 segundos y 35.1 a 55 segundos respectivamente, en estos niveles la progresión del tránsito es regular, empiezan a malograrse notablemente algunos ciclos. Luego del análisis de tres sistemas de restricción vehicular, el más adecuado para una posible implementación es el sistema “Hoy no circula”, con el cual transito promedio diario anual (TPDA) se reduce en un 20% y permite la reducción de 3 segundos en todo el día, lo cual facilita la movilidad y es amigable con el medio ambiente.

ABSTRACT

Transport is considered a strategic sector for the development of the economy, so it is important to look for mobility facilities. However, in Loja city the accelerated growth (9% per year) of the vehicle fleet complicates mobility, which causes significant increases in mobilization times, additional fuel costs and high environmental pollution due to the gases emitted by vehicles.

Due to this, the present research was aimed to analyze the vehicular traffic in road intersections in the city center of Loja, determining the level of service and suggesting a possible solution. This was carried out, firstly with the measurement of variable parameters such as: geometric conditions, vehicular traffic and traffic light cycle times, which constitute the input module, then using these parameters, it was analyzed and calculated saturation flow, lane group, delay calculation in order to finally determine the level of service.

The results showed service levels of type “C” and “D” that mean delays between 20.1 to 35.0 seconds and 35.1 to 55 seconds respectively, at these levels the progression of traffic is regular, some cycles begin to markedly fail and their lengths are wide. After analyzing three vehicle restriction systems, the most suitable for a possible implementation is the “Today does not circulate” system, with which average annual daily traffic (ADT) is reduced by 20% allows an approximate reduction of 3 seconds throughout the day, which facilitates mobility and is friendly to the environment.

ÍNDICE

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR	i
CERTIFICACIÓN.....	ii
DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD.....	iv
DEDICATORIA.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTOS.....	vii
AGRADECIMIENTOS.....	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
1. Introducción.....	1
2. Problema.....	2
3. Objetivos.....	2
3.1. Objetivo general.....	2
3.2. Objetivos específicos	3
4. Estado del Arte	3
4.1. Historia del transporte terrestre.....	3
4.2. Crecimiento vehicular en el Ecuador	5
4.2.1. Vehículos matriculados serie histórica, periodo 2008-2017	6
4.2.2. Tasa de crecimiento vehicular (T.D.C.V)	6

4.2.3. Cálculo de la tasa de crecimiento vehicular del ecuador y proyección vehicular.	7
4.3. Historia del crecimiento vehicular urbano de Loja.....	8
4.3.1. Desarrollo vial de la ciudad de Loja.....	8
4.3.2. Problemas del tránsito vehicular	9
4.4. El tránsito.....	10
4.4.1. Características básicas del tránsito.....	10
4.4.2. Flujo constante	11
4.4.3. Flujo no contante.....	14
4.5. Niveles de servicio.....	16
4.5.1. Tipos de niveles de servicio	16
4.5.2. Capacidad vial y nivel de servicio.....	18
4.6. Metodología para las intersecciones semaforizadas	19
4.6.1. Módulo de entrada (parámetros variables).....	20
4.6.2. Módulo de saturación	20
4.6.3. Módulo de análisis de capacidad.....	22
4.6.4. Determinación de la capacidad y la relación volumen a capacidad	22
4.6.5. Módulo de análisis de demoras	23
4.6.6. Modulo del nivel de servicio.....	25
4.7. Estudios que se realizan para el cálculo del TPDA	27
5. Marco metodológico.....	30

5.1. Zona de estudio de la ciudad de Loja	30
5.1.1. Puntos críticos para la movilización vehicular en el centro de Loja.....	30
5.1.2. Proyección vehicular del parque automotor de Loja.....	31
5.1.3. Intersecciones de estudio.....	35
5.2. Proceso de adquisición de datos para el módulo de entrada.....	36
5.2.1. Transito promedio diario anual (TPDA).....	37
5.2.2. Características geométricas, fases semafóricas y volúmenes vehiculares	39
5.2.2.1. Calles Simón Bolívar y Colón (INTERSECCIÓN 1).....	41
5.2.2.2. Calles simón Bolívar y José Antonio Eguiguren (INTERSECCION 2	43
5.2.2.3. Calles Simón Bolívar y 10 de agosto (INTERSECCIÓN 3).....	45
5.2.2.4. Calles Simón Bolívar y Vicente Rocafuerte (INTERSECCIÓN 4).....	47
5.2.2.5. Calles Simón Bolívar y Miguel Riofrío (INTERSECCIÓN 5).....	49
5.2.2.6. Calles Bernardo Valdivieso y Miguel Riofrío (INTERSECCIÓN 6	51
5.2.2.7. Calles Bernardo Valdivieso y Vicente Rocafuerte (INTERSECCIÓN 7)	53
5.2.2.8. Calles Bernardo Valdivieso y 10 de agosto (INTERSECCIÓN 8).....	55
5.2.2.9. Calles Bernardo Valdivieso y José Antonio Eguiguren (INTERSECCIÓN 9.57	
5.3. Propuestas de solución a los problemas causados por el congestionamiento vehicular	59
5.3.1. Sistema “Pico y placa”	59
5.3.2. Sistema “Hoy no circula”	62
5.3.3. Sistema “Car pooling” (vehículo compartido).....	63

6. Resultados.....	65
6.1. Determinación del nivel de servicio de las intersecciones.....	65
6.1.1. Determinación de tasa de flujo de saturación.....	68
6.1.2. Módulo del flujo de saturación.....	70
6.1.3. Determinación de la capacidad y la relación volumen capacidad.....	71
6.1.4. Determinación de las demoras en la intersección 2	72
6.1.5. Determinación de la Demora y Niveles de Servicio (L.O.S)	74
6.2. Análisis de las demoras de las intersecciones de estudio	82
6.3. Análisis de efectividad del sistema “Pico y placa.....	85
6.4. Análisis de factibilidad del sistema “Hoy no circula”	91
6.5. Análisis de factibilidad del sistema “Car pooling”	98
7. Conclusiones	100
8. Recomendaciones.....	101
9. Referencias bibliográficas	102

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1. La rueda.....	3
Figura 2. Benz Patent motor Wagen	4
Figura 3. El primer automóvil que circulo en Quito "Dion Bouton".....	5
Figura 4. Vehículos matriculados periodo 2008-2017	6
Figura 5. Primer vehículo en Loja.....	8
Figura 6. Parque central de Loja en el año de 1936	9
Figura 7. Esquema del flujo de saturación	15
Figura 8. Niveles de servicio en diagrama de volumen y velocidad.....	16
Figura 9. Metodología aplicada a las intersecciones semaforizadas	19
Figura 10. Mapa urbano de la ciudad de Loja - Ecuador	30
Figura 11. El teatro Bolívar, ubicado en la calle Rocafuerte entre Bernardo Valdivieso y Olmedo	31
Figura 12. Crecimiento vehicular de Loja.....	33
Figura 13. Puntos críticos para la circulación vehicular	34
Figura 14. Proceso de adquisición de datos.....	37
Figura 15. Movimientos vehiculares permitidos en intersecciones.....	38
Figura 16. Cálculo del TDPA intersección (Simón Bolívar y Colón).....	39
Figura 17. Fase semafórica.....	40
Figura 18. Movimientos de la intersección Simón Bolívar y Colón	41
Figura 19. Volumen de tránsito de la intersección 1	42
Figura 20. Movimientos de la intersección Simón Bolívar y José Antonio Eguiguren	43
Figura 21. Volumen de tránsito de la intersección 2.....	44

Figura 22. Movimientos de la intersección Simón Bolívar y 10 de agosto.....	45
Figura 23. Volumen de tránsito de la intersección 3	46
Figura 24. Movimiento de la intersección Simón Bolívar y Rocafuerte.....	47
Figura 25. Volumen de tránsito de la intersección	48
Figura 26. Movimientos de la intersección Simón Bolívar y Miguel Riofrío.....	49
Figura 27. Volumen de tránsito de la intersección 5	50
Figura 28. Movimientos de la intersección Bernardo Valdivieso y Miguel Riofrío	51
Figura 29. Volumen de tránsito de la intersección 6.....	52
Figura 30. Movimientos de la intersección Bernardo Valdivieso y Vicente Rocafuerte	53
Figura 31. Volumen de tránsito de la intersección 7	54
Figura 32. Movimientos de la intersección Bernardo Valdivieso y 10 de agosto.....	55
Figura 33. Volumen de tránsito de la intersección 8.....	56
Figura 34. Movimientos de la intersección Bernardo Valdivieso y José Antonio Eguiguren	57
Figura 35. Volumen de tránsito de la intersección 9	58
Figura 36. Plataforma digital del “Car pooling”	64
Figura 37. Funcionamiento del “Car pooling”	64
Figura 38. Parámetros geométricos de la intersección 2 (Simón Bolívar y José Antonio Eguiguren)	66
Figura 39. Pico máximo resultante del volumen de la intersección 2	67
Figura 40. Clasificación WB y SW	68
Figura 41. Análisis de las demoras de las intersecciones de estudio.....	82
Figura 42. TPDA en las intersecciones	84
Figura 43. Comparación vehicular y especificación del pico y placa	86

Figura 44. Comparación el TPDA en condiciones normales y con pico y placa	87
Figura 45. Demora aplicada el sistema de pico y placa	87
Figura 46. Puntos conflictivos de la circulación vehicular	90
Figura 47. Hoy no circula.....	91
Figura 48. Comparación entre la circulación normal y la restricción “Hoy no circula”	92
Figura 49. Aplicación de la restricción vehicular hoy no circula.....	94
Figura 50. Aplicación restricción vehicular hoy no circula	96
Figura 51. Análisis de contaminación	96
Figura 52. Análisis del sistema “Car pooling”	99
Figura 53. Demora aplicada el sistema “Car pooling”	99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Criterios para señalar intersecciones	25
Tabla 2. Relación entre llegada y razón de grupo (Rp)	27
Tabla 3. Crecimiento vehicular de Loja proyectado a 5 años	33
Tabla 4. Características constructivas de la intersección 1.....	41
Tabla 5. Fases semafóricas de la intersección 1	42
Tabla 6. Hora de mayor demanda de la intersección 1	42
Tabla 7. Características constructivas de la intersección 2.....	43
Tabla 8. Fases semafóricas de la intersección 2	44
Tabla 9. Hora de mayor demanda de la intersección 2.....	44
Tabla 10. Características constructivas de la intersección 3.....	45
Tabla 11. Fase semafórica de la intersección 3	46
Tabla 12. Hora de mayor demanda de la intersección 3.....	46
Tabla 13. Características constructivas de la intersección 4.....	47
Tabla 14. Fase semafórica de la intersección 4	48
Tabla 15. Hora de mayor demanda de la intersección 4.....	48
Tabla 16. Características constructivas de la intersección 5.....	49
Tabla 17. Fases semafóricas de la intersección 5	50
Tabla 18. Hora de mayor demanda de la intersección 5.....	50
Tabla 19. Características constructivas de la intersección 6.....	51
Tabla 20. Fases semafóricas de la intersección 6	52
Tabla 21. Hora de mayor demanda de la intersección 6.....	52
Tabla 22. Características constructivas de intersección 7	53

Tabla 23. Fases semafóricas de la intersección 7	54
Tabla 24. Hora de mayor demanda de la intersección 7	54
Tabla 25 Características constructivas de la intersección 8.....	55
Tabla 26. Fases semafóricas de la intersección 8	56
Tabla 27. Hora de mayor demanda de la intersección 8.....	56
Tabla 28. Características constructivas de la intersección 9.....	57
Tabla 29. Fase semafórica de la intersección 9	58
Tabla 30. Hora de mayor demanda de la intersección 9.....	58
Tabla 31 Norma euro de límites de emisiones para vehículos de turismo	61
Tabla 32 Resumen de los límites de emisiones para automotores en Loja	61
Tabla 33 Tiempos semafóricos de la intersección 2.....	66
Tabla 34 Volumen máximo de la segunda intersección y clasificación WB (acceso este) y SW (acceso norte).....	67
Tabla 35 Módulo de ajuste de volúmenes	69
Tabla 36 Módulo de flujo de saturación.....	70
Tabla 37 Módulo de análisis de capacidad.....	72
Tabla 38 Módulo del nivel de servicio	73
Tabla 39 Niveles de servicio	74
Tabla 40 Módulo del nivel de servicio	75
Tabla 41 Modulo del nivel real de servicio	76
Tabla 42 Resumen de demoras y nivel de servicios	78
Tabla 43. Resultados del TPDA de las intersecciones de estudio	83
Tabla 44 Resumen del horario de máxima demanda de las intersecciones de estudio.....	84

Tabla 45 Contaminación ambiental en de la segunda intersección 88

Tabla 46 Comparación entre la circulación normal y el sistema "Hoy no circula" 92

1. Introducción

En la ciudad de Loja, el parque automotor crece de forma acelerada con tasa del 9% anual que conlleva problemas como son: incrementos en los tiempos de traslado, gasto de combustible adicional y elevada contaminación ambiental, por gases emitidos por los vehículos, principalmente en los días laborables. (Crónica, 2015)

Se describe la reseña histórica del transporte terrestre a nivel mundial, se da a conocer el crecimiento vehicular del Ecuador y su proyección. Se determinará las definiciones y fundamentos teóricos, que son necesarios para realizar el análisis de los niveles de servicio.

Se realiza una zonificación de la ciudad de Loja, adquiriendo información de las intersecciones con mayor conflicto para la circulación vehicular, utilizando la metodología para las intersecciones semaforizadas, lo cual inicia con el módulo de entrada que necesita de tres tipos de datos que conforman los parámetros variables de este módulo: geométrico, señalización y tránsito. Obteniendo el tránsito promedio diario anual (TPDA) y la hora de máxima demanda (HDM).

Se determina los módulos restantes como son: módulo de saturación (flujo de saturación), módulo de análisis de capacidad (determinación de los grupos de carriles y asignación de volúmenes de estos), módulo de análisis de demoras (cálculo de las demoras de los grupos de carriles y resultado de las demoras totales) y finalmente el módulo del nivel de servicio de cada intersección.

Se propone las siguientes soluciones: “Pico y placa”, “Hoy no circula” y “Car pooling” medidas que se implementaron en ciudades donde existe congestionamiento vehicular excesivo, las cuales permitieron disminuir notablemente los problemas causados por el flujo vehicular,

reduciendo así el tiempo de traslado dentro de las principales calles céntricas de las ciudades y las emisiones contaminantes producidas por los automóviles. Luego de analizar tres diferentes sistemas de restricción vehicular se concluyó que el más aceptable es el sistema “Hoy no circula”, que disminuye el 20% del tránsito promedio diario anual (TPDA).

1. Problema

Loja al igual que la mayoría de las ciudades ecuatorianas, se han desarrollado en términos rectangulares alrededor de una plaza central “La catedral” conformada por calles angostas principalmente diseñadas para el tránsito de cabalgaduras y vehículos tirados por animales. En la actualidad esta estructura viaria ocasiona que en las horas pico la congestión vehicular se incremente de manera excesiva en las principales calles céntricas de la ciudad. El parque automotor de la ciudad de Loja al 2015 tiene 41696 vehículos con un crecimiento vehicular del 9% anual, de las cuales el 90 % son de uso particular. (Crónica, 2015). Esto deriva en pérdidas de tiempo al momento de movilizarse especialmente en las horas pico donde el congestionamiento de vehículos y peatones causa conflictos.

El desarrollo de este análisis de movilidad permitirá conocer los niveles de servicio en las calles céntricas de la ciudad dando a conocer el impacto generado por la congestión vehicular debido a las demoras al momento de movilizarse. Esto permitirá que a futuro se realicen estrategias de movilidad que beneficien a la ciudad.

2. Objetivos

2.1. Objetivo general.

- Analizar el tránsito vehicular en las intersecciones viales del centro histórico de la ciudad de Loja, determinando el nivel de servicio.

2.2. Objetivos específicos

- Analizar el estado del arte sobre los fundamentos teóricos de los niveles de servicio mediante fuentes bibliográficas.
- Aplicar el conteo de vehículos obteniendo los datos del estado actual para la determinación de los niveles de servicio.
- Analizar los resultados del conteo de vehículos mediante estadística determinado los niveles de servicio.
- Efectuar propuestas de soluciones a los problemas causados por el congestionamiento vehicular en base a los resultados obtenidos.

3. Estado del Arte

3.1. Historia del transporte terrestre

En el principio el ser humano solo conseguía moverse a pie, pero con el paso del tiempo descubrió la rueda inspirada probablemente en la forma de los troncos de los árboles. (Belén, 2014)

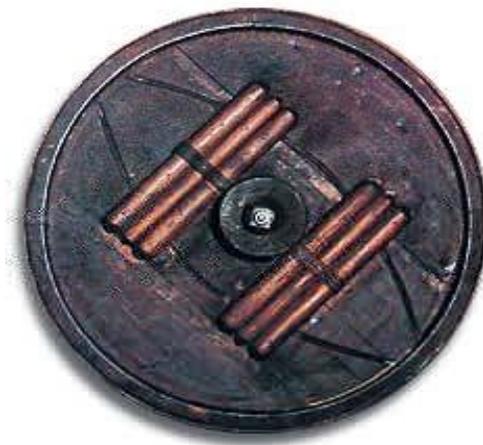


Figura 1. La rueda

Fuente: (Vega, 2011)

El transporte terrestre dio sus primeros pasos con la domesticación de animales, como el caballo, el buey, el camello o el burro. (Belén, 2014). En Mesopotamia (Asia menor), hace unos 5000 años se originó la necesidad de construir superficies de rodamiento que permitieron la circulación del naciente tránsito de entonces. (Cal y Mayor, 2007)

En siglo XVIII gracias a la revolución industrial (Inglaterra), el sistema de transporte dio un cambio radical. Se dejó de lado a los animales de carga, para dar paso a la invención de las máquinas de vapor, que posteriormente dieron nacimiento al ferrocarril a inicios del siglo XIX, seguido por la invención del automóvil. (Belén)

En el continente americano, los incas fueron los creadores de las primeras carreteras, los mismos que utilizaban piedras como material para la construcción de los diferentes caminos. (CODE, 2004)

En el año de 1886 se patentó el primer auto a gasolina, se lo llamó "Benz Patent Motor Wagen", y solo contaba con tres ruedas, podía alcanzar una velocidad máxima de 17 kilómetros por hora. (Wagen, 2014)



Figura 2. Benz Patent motor Wagen

Fuente: (Wagen, 2014)

El primer automóvil que circuló en las estrechas calles capitalinas del Ecuador, fue en el año de 1901, cuando Carlos Álvarez Gangotena lo trajo en un barco, atravesando el estrecho de Magallanes, un Dion Bouton que compró en la Exposición Mundial de París. (AEADE, 2014)



Figura 3. El primer automóvil que circulo en Quito "Dion Bouton"

Fuente: (AEADE, 2014)

En 1930 empezaron los automóviles a transportar mercancía en el Ecuador, y en la década de los 50 se inició con la elaboración de carrocerías, partes del automóvil y algunas piezas metálicas, mientras que en la década de los 60 se inicia con la fabricación de otras partes del automóvil necesarias para los modelos nuevos de ese tiempo, lo cual ayudó considerablemente al crecimiento del parque automotor. (ProEcuador, 2013)

3.2. Crecimiento vehicular en el Ecuador

A principios del siglo XIX llegaron los primeros vehículos al Ecuador, y para los años 1912 y 1920 el número de vehículos era considerable dentro del país, por lo que la obligación de obtener carreteras era fundamental. (AVILES, 2006)

3.2.1. Vehículos matriculados serie histórica, periodo 2008-2017

Según la Agencia Nacional de Tránsito, el número de vehículos matriculados ha incrementado a través del tiempo, con una tasa de crecimiento anual de 8,8%.

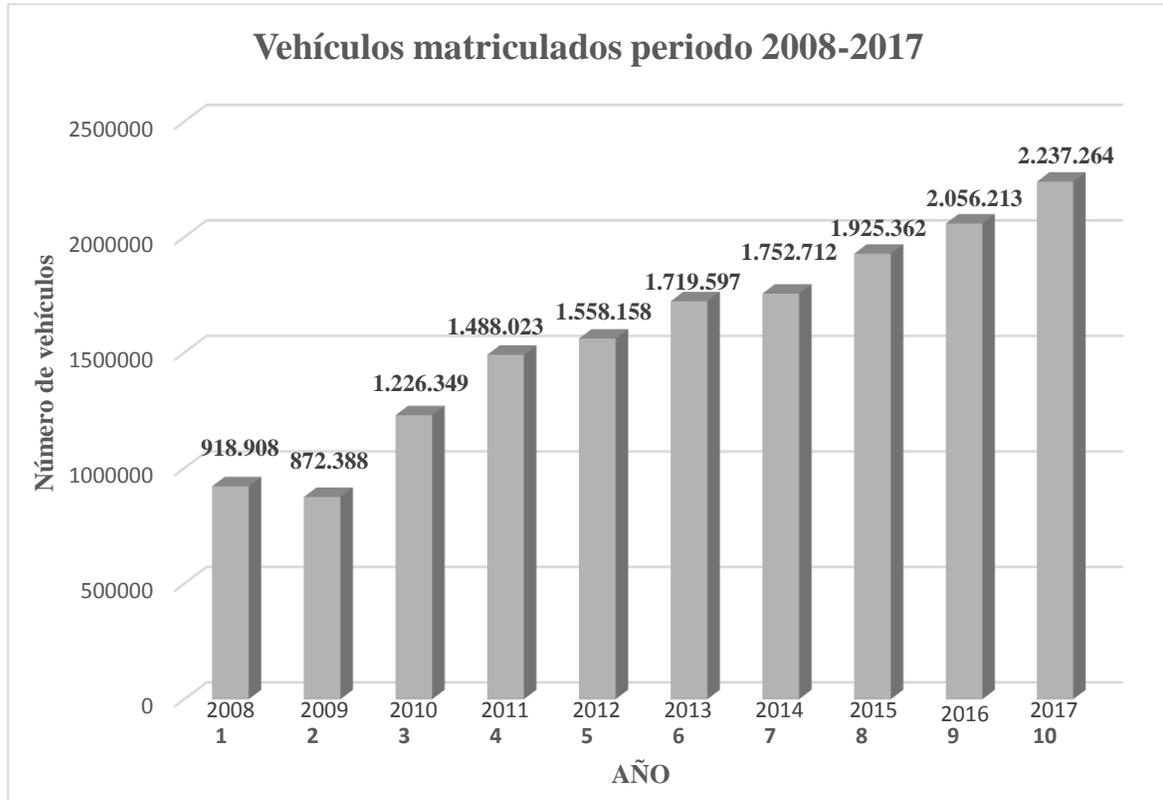


Figura 4. Vehículos matriculados periodo 2008-2017

Fuente: (Agencia Nacional de Tránsito 2017)

3.2.2. Tasa de crecimiento vehicular (T.D.C.V)

La T.D.C.V es la tasa que indica el aumento o disminución de los vehículos en una población, que se refiere al cambio vehicular durante un período, expresado a menudo como un porcentaje del número de vehículos existentes en un país. (Devore, 2008)

Puede expresarse bajo la fórmula:

$$T. D. C. V = \frac{\text{PARQUE AUTOMOTOR}_{\text{AÑO ACTUAL}} - \text{PARQUE AUTOMOTOR}_{\text{AÑO PASADO}}}{\text{PARQUE AUTOMOTOR}_{\text{AÑO PASADO}}}$$

Ecuación (1)

(Devore, 2008)

3.2.3. Cálculo de la tasa de crecimiento vehicular del Ecuador y proyección vehicular

Con ayuda de la ecuación 1 y los datos de la figura 4 se calcula la tasa de crecimiento vehicular del país.

$$T. D. C. V = \frac{2.237.264_{\text{AÑO 2017}} - 2.056.213_{\text{AÑO 2016}}}{2.056.213_{\text{AÑO 2016}}}$$

$$T. D. C. V = 0,08805 \times 100\%$$

$$T. D. C. V = 8.80\%$$

Basándonos en la fórmula matemática de (DennisG.Zill, 2008), se estima una proyección vehicular a un tiempo determinado.

$$\frac{dP}{dt} = kP \quad \text{Ecuación (2)}$$

(DennisG.Zill, 2008)

$$P(t) = 1925368e^{0.0746(t)} \quad \text{Ecuación (3)}$$

(Autores)

La ecuación 3 es la expresión matemática base para la proyección vehicular del Ecuador, a esta ecuación se le da diferentes valores al tiempo “t”, de 3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15 para obtener el número de vehículos en el año requerido.

3.3. Historia del crecimiento vehicular urbano de Loja

Según la Revista Loja del Antaño, aproximadamente hace unos 85 años circulo el primer automóvil por las principales calles céntricas de la ciudad de Loja. (Jaramillo, 2012)



Figura 5. Primer vehículo en Loja

Fuente: Loja Antigua

3.3.1. Desarrollo vial de la ciudad de Loja

Loja al igual que la mayoría de las ciudades ecuatorianas, se ha desarrollado en términos rectangulares alrededor de una plaza central “La catedral”, conformada por calles angostas principalmente diseñadas para el tránsito de cabalgaduras y vehículos tirados por animales. La figura 6 muestra a la plaza de la Catedral de Loja en el año de 1936. (BANNED, 2009)



Figura 6. Parque central de Loja en el año de 1936

Fuente: (BANNED, 2009)

3.3.2. Problemas del tránsito vehicular

Según la Agencia Europea de medio ambiente (AEMA), el transporte terrestre en 28 países de la Unión Europea genera aproximadamente el 13% de las partículas contaminantes, si se extrapolara ese porcentaje al número de fallecimientos en España por la contaminación, al transporte por carretera se le atribuirían 3.897 muertes. (García, 2017)

La movilidad convencional como la dependencia del automóvil además de impactar sobre el medio ambiente, también lo hace sobre los recursos naturales y la calidad de vida humana. (Pineda, 2018). Sin embargo, el transporte es considerado un sector estratégico básico para el desarrollo global de la economía, por distintas razones, una de ellas es que garantiza la movilidad de los ciudadanos y otra que constituye una herramienta básica para la libre circulación de mercancías, lo cual es esencial para incrementar la productividad de los sectores productivos. (Fuente, 2015)

El parque automotor de Loja aumenta en forma acelerada, con un crecimiento del 9% anual. En el año 2015 contó con 41696 vehículos, de los cuales el 90 % son de uso particular. (Crónica, 2015)

El principal problema del tránsito vehicular en la ciudad es la movilidad en las calles céntricas, alrededor de la plaza central “La Catedral”. (Crónica, 2015)

Sin embargo, con esta situación también aumentan los problemas, siendo mayormente perjudicados los habitantes y el medio ambiente, a pesar de que el Municipio de Loja indica que existe una libre oferta y demanda de vehículos. (La Hora, 2019)

El flujo vehicular en el centro de la ciudad se ve saturado con frecuencia en las horas pico, debido al exceso de demanda en las vías, produciendo incrementos en los tiempos de traslado, gasto de combustible adicional y elevada contaminación ambiental por los gases emitidos de los vehículos.

El congestionamiento vehicular es causante de la violencia vial, ocasionando que los conductores que se movilizan por el centro de Loja pierdan la tranquilidad por permanecer estáticos por mucho tiempo.

3.4. El tránsito

El tránsito es el movimiento de circulación que los peatones y los vehículos realizan cuando se trasladan por la vía pública y es regulado por las leyes y reglamentos.

3.4.1. Características básicas del tránsito

- El número de vehículos que pasan por una determinada calle en un período de tiempo.

- La velocidad, bien sea el conjunto de la corriente de tránsito o bien de los vehículos aislados.
- La densidad de los vehículos por unidad de longitud
- El origen y destino de movimiento
- La capacidad de calles y carreteras
- Funcionamiento de las intersecciones (Martinez, 2010)

3.4.2. Flujo constante

3.4.2.1. Tasa de Volumen y Flujo

El volumen vehicular se puede definir como la cantidad de vehículos que se movilizan en un lugar determinado durante un período de tiempo, la unidad es simplemente “vehículos por unidad de tiempo” (Cal y Mayor, 2007)

El volumen vehicular se puede expresar en la siguiente expresión matemática:

$$Q = \frac{N}{T} \quad \text{Ecuación (4)}$$

(Cal y Mayor, 2007)

Donde:

Q = vehículos que pasan por unidad de tiempo (vehículos/ tiempo)

N = número total de vehículos que pasan por un determinado lugar

T = tiempo determinado

El factor de hora pico (FHP) relaciona a él volumen horario y la máxima razón de flujo,

$$\text{FHP} = \text{volumen horario} / \text{máxima razón de flujo} \quad \text{Ecuación (5)}$$

(Cal y Mayor, 2007)

De acuerdo con el autor (Cal y Mayor, 2007), sugiere realizar el conteo de vehículos en períodos de 15 minutos, por lo cual la ecuación 4 se modifica a la siguiente expresión matemática:

$$\text{FHP} = \frac{V}{4 \times V_{15}} \quad \text{Ecuación (6)}$$

(Cal y Mayor, 2007)

Donde:

V = Volumen horario (veh/hr)

V₁₅ = Volumen máximo en 15 minutos de la hora (veh)

3.4.2.2. Velocidad

La velocidad es una magnitud vectorial que expresa la variación en cuanto la posición de un objeto en función del tiempo, de acuerdo con el sistema internacional de medida (SI), su unidad se expresa en kilómetros por hora. (Burbano, 2003)

Para calcular la velocidad promedio de viaje se divide el largo de la carretera, sección o segmento considerando el tiempo promedio de viaje de los vehículos que se movilizan por el lugar determinado.

Puede expresarse de la siguiente forma matemática:

$$S = \frac{L}{t_a} \quad \text{Ecuación (7)}$$

(BOARD, 2000)

Donde:

S = Velocidad promedio de viaje (km/hr)

L = Longitud del segmento de la carretera (km)

t_a = Tiempo promedio de viaje en el segmento (hr)

3.4.2.3. Densidad

Es el número de vehículos que ocupa cierta longitud dada de una carretera o carril y generalmente se expresa como vehículos por kilómetro (vehículos/km).

La densidad se puede calcular con la siguiente ecuación:

$$D = \frac{v}{S} \quad \text{Ecuación (8)}$$

(BOARD, 2000)

Dónde:

D = Densidad (veh/km)

v = razón de flujo (veh /hr)

S = Velocidad promedio de viaje (km/hr)

La densidad es el parámetro más importante en el tránsito, ya que es la medida directamente relacionada con la demanda de tránsito.

3.4.3. Flujo no contante

La circulación discontinua es mucho más compleja que la circulación continua, está sujeta a puntos de operación determinados como, por ejemplo: los semáforos, señales de alto y señales de ceda el paso. (Cantos J. T., 2015)

El dispositivo más importante que se utiliza para regular la circulación vehicular y peatonal en las vías es el semáforo, este elemento utiliza señales luminosas (rojo, amarillo, verde) para la detención o el paso de automóviles y personas.

3.4.3.1. El valor de flujo de saturación y los tiempos perdidos en las intersecciones semaforizadas

En la figura 7, se ilustra una determinada cola de vehículos que se encuentran detenidos en un semáforo. Cuando la señal del semáforo cambia a verde, los vehículos empezarán a moverse y el tiempo entre cada vehículo puede observarse cuando cruce la línea de la orilla de la vereda de la intersección.

Primer vehículo: éste experimenta un tiempo desde que el conductor ve el color verde en el semáforo, reaccionando al cambio quitando su pie del freno y acelerando para pasar por la intersección.

Segundo vehículo: ocupa parte del tiempo en que el primer vehículo se desplace para luego moverse más rápido porque tiene una mayor longitud de aceleración, por lo tanto, el espacio en

tiempo es menor, de dicha manera se continua con los siguientes N vehículos hasta que se logra un movimiento uniforme de ellos hasta el último vehículo de la cola.

El tiempo perdido en las intersecciones se denomina también “Tiempo Perdido de Despeje”, requiere un tiempo para despejar la intersección antes de que otra corriente de vehículos intente utilizar la intersección.

El “valor del flujo de saturación” es el flujo por carril en el cual los vehículos pueden pasar a través de una intersección semaforizada en una cola en movimiento estable (h), lo cual se muestra en la siguiente figura. (BOARD, 2000)

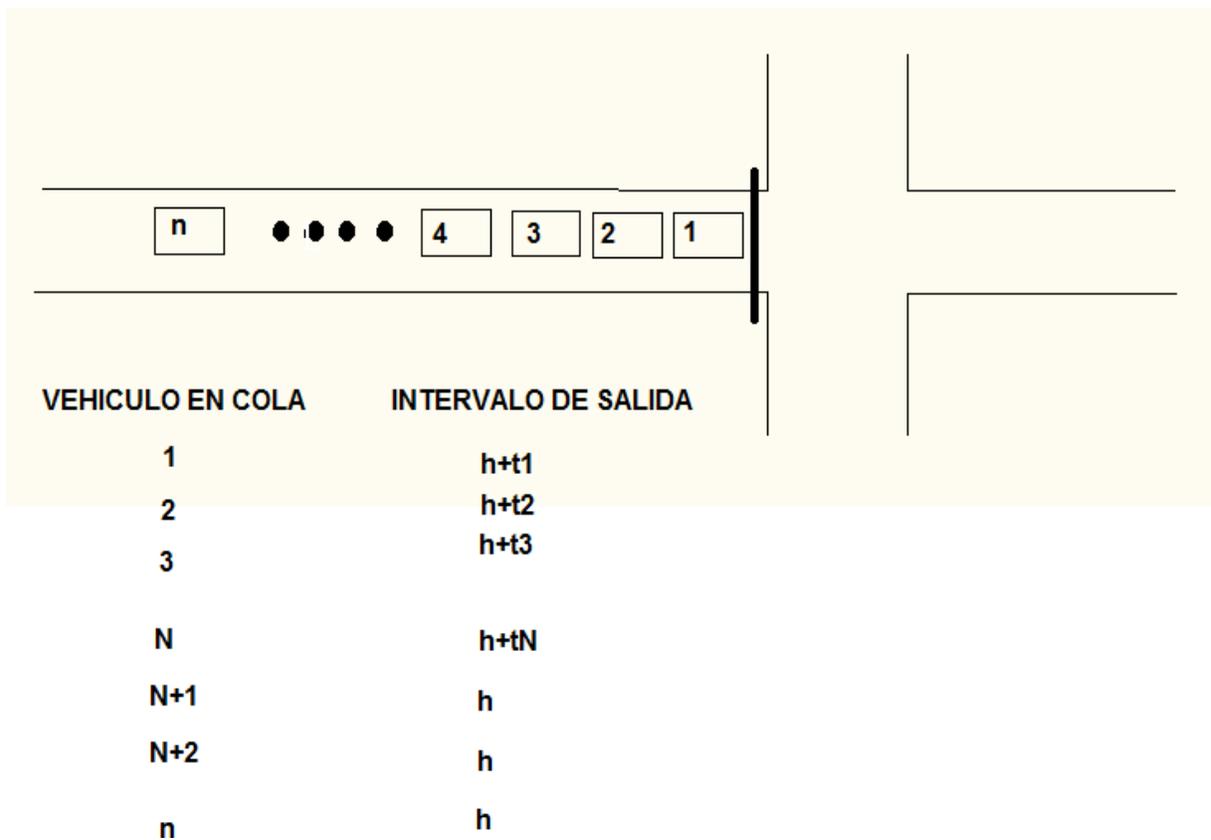


Figura 7. Esquema del flujo de saturación

Fuente: (BOARD, 2000)

3.4.3.2. Demora

Es el tiempo perdido por un vehículo al circular en la vía debido a causas ajenas al control del conductor.

La demora total se puede definir como la resta entre el tiempo de viaje que se experimenta (actual) y el tiempo de viaje referencial.

3.5. Niveles de servicio

El nivel de servicio de una intersección con semáforo se define a través de las demoras, y se expresa en términos de la demora media por vehículo debida a las detenciones para un periodo de análisis de 15 minutos.

3.5.1. Tipos de niveles de servicio

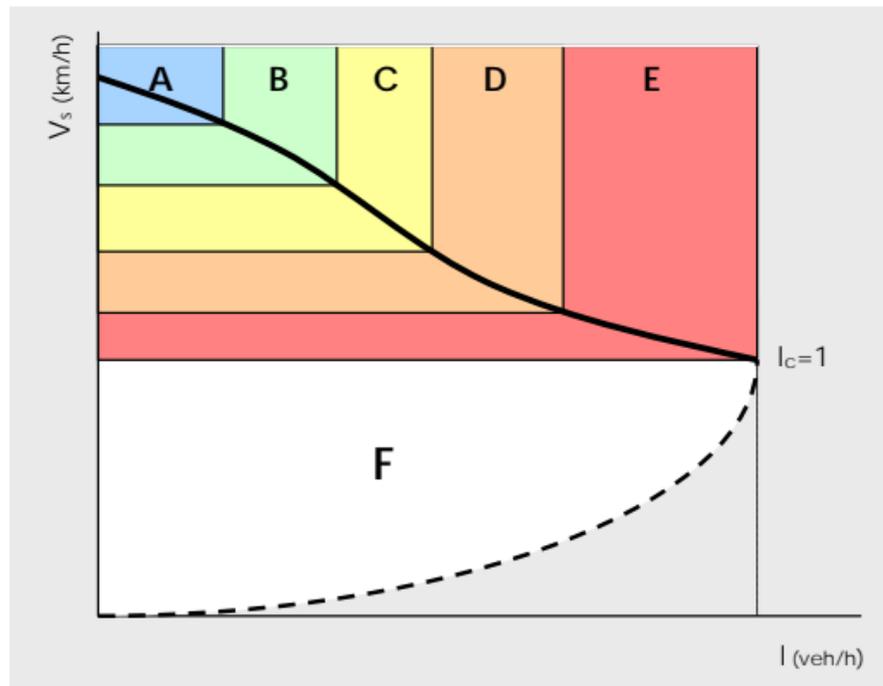


Figura 8. Niveles de servicio en diagrama de volumen y velocidad

Fuente: (Bañón Luis Beviá García, 2000)

Para un mejor análisis se delimitan seis niveles de servicio, a los cuales corresponden las letras desde la A hasta la F, siendo el nivel A la mejor condición de circulación y el nivel F la más deficiente condición de circulación.

- ***Nivel de servicio A***

Operación con demoras muy bajas, menores de 10.0 segundos por vehículo. La mayoría de los vehículos llegan durante la fase verde y no se detienen del todo. Longitudes de ciclo corto puede contribuir a demoras mínimas.

- ***Nivel de servicio B***

Operación con demoras entre 10.1 y 20.0 segundos por vehículo. Algunos vehículos comienzan a detenerse.

- ***Nivel de servicio C***

Operación con demoras entre 20.1 y 35.0 segundos por vehículo. La progresión del tránsito es regular y algunos ciclos empiezan a malograrse.

- ***Nivel de servicio D***

Operación con demoras entre 35.1 y 55.0 segundos por vehículo. Las demoras se deben a la mala progresión del tránsito o llegadas en la fase roja, longitudes de ciclo amplias, o relaciones de v/c muy altas. Muchos vehículos se detienen y se hacen más notables los ciclos malogrados.

- ***Nivel de servicio E***

Operación con demoras entre 55.1 y 80.0 segundos por vehículo. Se considera como el límite aceptable de demoras. Las demoras son causadas por progresiones pobres, ciclos muy largos y relaciones de v/c altas.

- ***Nivel de servicio F***

Operación con demoras superiores a los 80.0 segundos por vehículo. Los flujos de llegada exceden la capacidad de la intersección, lo que ocasiona congestionamiento y operación saturada. (BOARD, 2000)

3.5.2. Capacidad vial y nivel de servicio

Es la capacidad en una intersección, se define como la máxima intensidad de circulación de vehículos en una vía en condiciones de tránsito.

El nivel de servicio en las intersecciones con semáforos se define en términos de demora, es decir la demora es una medida, la cual abarca aspectos como el consumo de combustible y el tiempo perdido de viaje por parte del conductor.

3.6. Metodología para las intersecciones semaforizadas

Highway Capacity Manual sugiere utilizar la siguiente metodología para determinar el nivel de servicio de una intersección semaforizada, el procedimiento a seguir se indica en la figura 9.

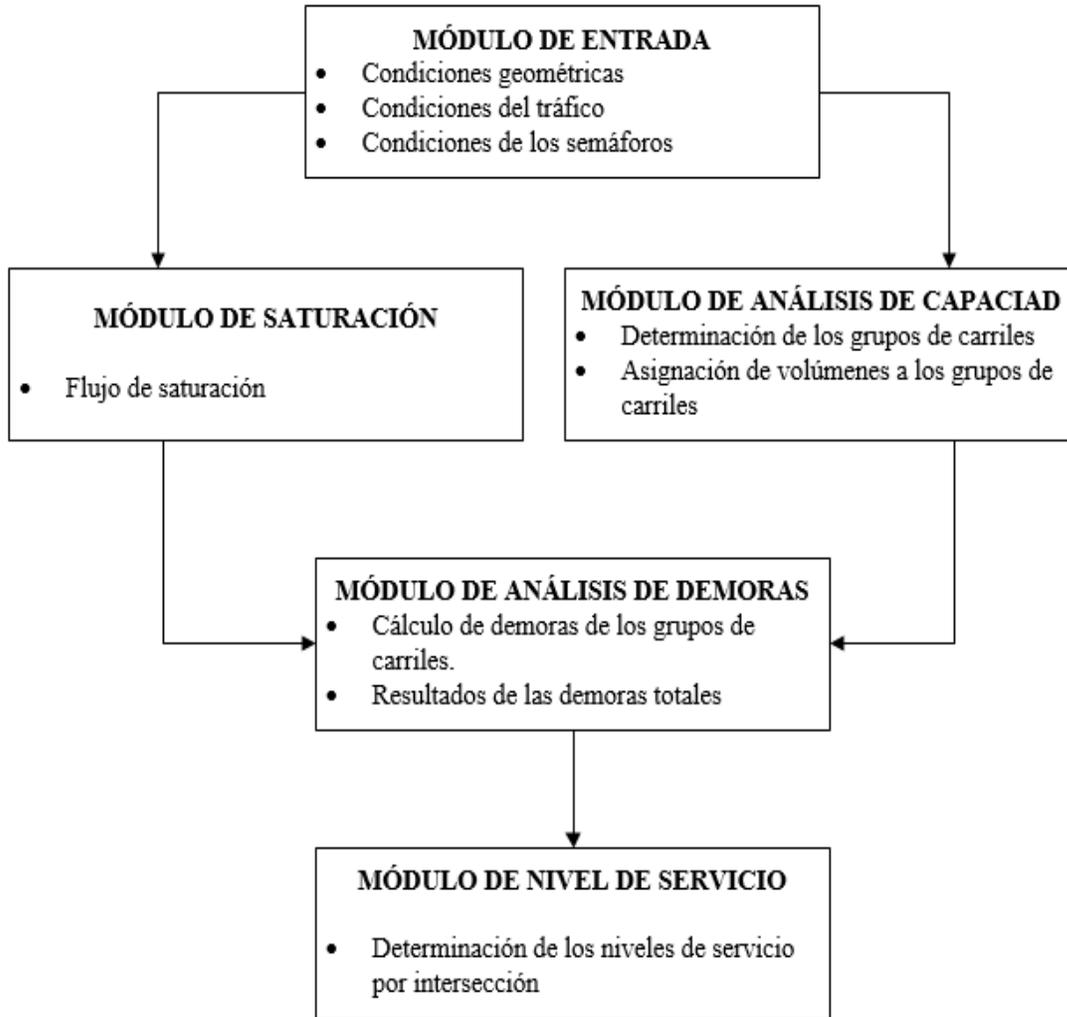


Figura 9. Metodología aplicada a las intersecciones semaforizadas

Fuente: (BOARD, 2000)

Elaborado por: Autores

3.6.1. Módulo de entrada (parámetros variables)

Se requieren datos para el análisis operacional del nivel de servicio que se dividen en tres categorías: geométrico, tránsito y señalización.

- **Condiciones geométricas:** Se presenta generalmente en forma de diagrama y debe incluir toda la información pertinente, incluyendo los tipos de llegada, el ancho de los carriles.
- **Condiciones de tránsito:** Son volúmenes por movimiento, ya sea izquierdo, derecha y de frente en vehículos por hora, factor de hora de máxima demanda, y tipo de llegada.
- **Condiciones de señalización:** Se refiere a la duración del ciclo semafórico en segundos, duración de las luces verde, amarillo y rojo.

3.6.2. Módulo de saturación

La tasa de flujo de saturación es el flujo de vehículos por hora que pueden ser acomodados en un grupo carril, suponiendo que la fase verde se visualiza 100% del tiempo ($g/C=1,0$). la tasa de flujo de saturación para cada grupo de carril se calcula de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$S_i = S_o(N)(f_w)(f_{HV})(f_g)(f_p)(f_{bb})(f_a)(f_{LU})(f_{LT})(f_{RT})(f_{Lpb})(f_{Rpb}) \quad \text{Ecuación (9)}$$

(Cal y Mayor, 2007)

Donde:

S_o = Flujo de saturación base

N = Número de carriles del grupo de carriles

f_w = Factor de ajuste por ancho de carriles

f_{HV} = Factor de ajustes por vehiculos pesados

f_g = Factor de ajuste por pendiente del acceso

f_p = Factor de ajuste por estacionamiento

f_{bb} = Factor de ajuste por bloqueo de buses

f_a = Factor de ajuste por tipo de área

f_{LU} = Factor de ajuste por utilización de carriles

f_{LT} = Factor de ajuste por vueltas a la izquierda

f_{RT} = Factor de ajuste por vueltas a la derecha

f_{Lpb} = Factor de ajuste izquierdo peatones y ciclistas

f_{Rpb} = Factor de ajuste derecho peatones y ciclistas

Tasa de flujo

Con este cálculo los factores a cambiar son el número de carriles

$$V_P = \frac{V}{(FHMD)(f_{HV})(N)(f_p)} \quad \text{Ecuación (10)}$$

(Bañón Luis Beviá García, 2000)

Donde:

FHMD = Factor hora de máxima demanda

N = Número de carriles del grupo de carriles

f_{HV} = Factor de ajustes por vehículos pesados

f_p = Factor de ajuste por estacionamiento

3.6.3. Módulo de análisis de capacidad

Este módulo convierte los volúmenes horarios (V) dados en tasa de flujo (v_p) utilizando el factor de hora de máxima demanda (FHMD), y se establecen grupos de carriles asociados con las tasas de flujo y la proporción de giros.

La simbología del sentido de flujo se muestra a continuación:

- **EB:** sentido del flujo vehicular hacia el Este (acceso Oeste)
- **WB:** sentido del flujo vehicular hacia el Oeste (acceso Este)
- **NB:** sentido del flujo vehicular hacia el Norte (acceso Sur)
- **SB:** sentido del flujo vehicular hacia el Sur (acceso Norte)

- **LT:** movimiento de vuelta a la izquierda
- **TH:** movimiento de frente o directo
- **RT:** movimiento de vuelta a la derecha

3.6.4. Determinación de la capacidad y la relación volumen a capacidad

La relación de flujo para un grupo determinado de carril se define como la relación de la tasa de flujo de la demanda real o proyectada para el grupo carril (vi) y la tasa de flujo de saturación

(s_i). La relación de flujo se representa por el símbolo $(v_i)_i$, por grupo carril i . La capacidad señalizada I se basa en la tasa de flujo y S la tasa de flujo de saturación. Se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$C_i = s_i \frac{g_i}{S} \quad \text{Ecuación (11)}$$

(BOARD, 2000)

Donde:

C_i = Capacidad del grupo de carriles i (vehículos/h)

S_i = Tasa de flujo de saturación del grupo de carriles i (vehículos/h. verde)

g_i = Tiempo verde efectivo para el grupo de carriles i (segundos. verde)

La relación volumen a capacidad $(v/c)_i$, con el símbolo X_i en el análisis de una intersección.

$$X_i = \left(\frac{v}{c}\right)_i \quad \text{Ecuación (12)}$$

(BOARD, 2000)

3.6.5. Módulo de análisis de demoras

Para medir la demora en un carril o grupo de carriles, se obtiene un modelo predictivo para la estimación de la demora. Todos los resultados obtenidos en la determinación de ajuste de volúmenes, flujo de saturación y el análisis de capacidad, se unen para determinar la demora promedio por vehículo en cada grupo de carril.

Se calcula como:

$$d = d_1(PF) + d_2 + d_3 \quad \text{Ecuación (13)}$$

(Cal y Mayor, 2007)

- **Demora uniforme**

$$d_1 = \frac{0,5C \left(1 - \frac{g_i}{C}\right)^2}{1 - \left[\min(1, X_i) \frac{g_i}{C}\right]}$$

Ecuación (14)

(Cal y Mayor, 2007)

g_i = Tiempo verde efectivo para el grupo de carriles i

C = Capacidad del grupo de carriles

- **Demora incremental**

$$d_2 = 900T \left[(X_i - 1) + \sqrt{(X_i - 1)^2 + \frac{8kLX_i}{C_iT}} \right]$$

Ecuación (15)

(Cal y Mayor, 2007)

$$d_N = \frac{\sum_{i=1}^2 (d_i v_i)}{\sum_{i=1}^2 v_i}$$

$$d_l = \frac{\sum_{A=1}^4 (d_A v_A)}{\sum_{A=1}^4 v_A}$$

El factor de ajuste (PF) es la coordinación efectiva de la demora uniforme, por lo tanto, solo se ajusta a d_1 mediante la siguiente expresión:

$$PF = \frac{(1-P)f_{PA}}{1 - \left(\frac{g}{C}\right)}$$

Ecuación (16)

(Cal y Mayor, 2007)

Donde:

PF= proporción de vehículos que llegan a verde

$\frac{g}{C}$ = tiempo de verde disponible

f_{PA} = factor ajuste suplementario por grupos vehiculares que llegan durante el verde

P= proporción de vehículos que llegan a la línea de pare mientras se da la fase verde

$$P = R_p \left(\frac{g}{C} \right) \quad \text{Ecuación (17)}$$

(BOARD, 2000)

Dónde:

R_p = relación de grupo de vehículos

3.6.6. Modulo del nivel de servicio

El nivel de servicio está directamente relacionado con el control de demoras por vehículo. Al obtener la demora para cada grupo de carriles, para cada acceso y para la intersección como un todo, se determina el nivel de servicio.

Tabla 1. *Criterios para señalar intersecciones*

Nivel de servicio	Demora por vehículo (s/veh)
A	<10
B	>10-20
C	>20-35
D	>35-55
E	>55-80
F	>80

Fuente: (BOARD, 2000)

Elaborado por: Autores

Tipos de llegada en los accesos de las intersecciones

Se determinan los términos del tipo de vehículos que llegan a la intersección, se identifican seis tipos de llegadas.

- **Tipo 1:** Es un pelotón denso que llega al inicio de la fase de luz roja, representa una condición de llegada más adversa.
 - **Tipo 2:** Un pelotón denso que llega a la mitad de la fase de luz roja, o un pelotón que llega disperso durante la fase de luz roja, se considera desfavorable.
 - **Tipo 3:** Son pelotones muy dispersos (llegada aleatoria), con beneficios mínimos de avance, se presentan en intersecciones aisladas.
 - **Tipo 4:** Puede ser un pelotón moderadamente denso, que llega a la mitad de la fase de luz verde o un grupo disperso que llega durante la totalidad de la fase de luz verde, es una condición favorable.
 - **Tipo 5:** Un pelotón denso que llega al inicio de la fase de luz verde, es la mejor condición de llegada.
 - **Tipo 6:** Un pelotón denso que avanza a través de varias intersecciones cercanas con muy poco tránsito proveniente de las calles laterales, es una calidad excepcional de avance.
- (BOARD, 2000)

Tabla 2. Relación entre llegada y razón de grupo (*Rp*)

Tipo de Llegada	Rango de razón de Grupo (<i>Rp</i>)	Valores Prefijados (<i>Rp</i>)	Calidad de progresión
1	= 0.5	0.333	Muy Pobre
2	> 0.5 y = 0.85	0.667	Desfavorable
3	> 0.85 y = 1.15	1.000	Llegadas aleatorias
4	> 1.15 y = 1.50	1.333	Favorable
5	> 1.50 y = 2	1.667	Altamente Favorable
6	> 2	2.000	Excepcional

Fuente: (BOARD, 2000)

Elaborado por: Autores

3.7. Estudios que se realizan para el cálculo del TPDA

Para un estudio de volumen de tránsito se toma en cuenta factores vehiculares y humanos. El libro (BOARD, 2000) indica que los componentes que afectan la conducción son: la carretera, el conductor y el vehículo.

Equivalencia vehicular

El Ing. Oscar Wynter García propone que los camiones y buses tienen la siguiente clasificación:

- Un camión tiene una equivalencia a 2 vehículos ligeros.
- Un bus tiene una equivalencia de 1.6 vehículos ligeros.

Volumen y tasa de flujo

Estas dos medidas cuantifican la cantidad de tránsito que pasa en un punto, pista o carretera durante un tiempo determinado.

- **Volumen.** – Es un número total de automotores que pasan por un punto en un tiempo determinado y se pueden expresar en periodos anuales, por día, por hora o por una sección de hora.
- **Tasa de flujo.** – Es un número de vehículos que pasan por un punto en un tiempo determinado que sea inferior a 1 hora, por lo general 15 minutos, que se expresan como tasa por hora equivalente.

Demanda y volumen

Demanda se refiere a los vehículos que llegan a la intersección y volumen se refiere a la cantidad de vehículos, varía durante los meses, semanas, días e intervalos de congestión que se producen en una hora. Por tanto, el flujo vehicular no es constante por más de una hora, Highway Capacity Manual realiza los cálculos basándose en un periodo de tiempo de 15 minutos.

Volumen de tránsito promedio diario anual TPDA

Número de vehículos que circulan por una sección de la vía en un determinado tiempo, dividido por el número de días del periodo. El estudio se lo realiza para verificar el buen estado de servicio que se presta al usuario.

Por el lapso de duración se tienen los siguientes volúmenes absolutos:

- **Tránsito anual (TA):** cantidad total de vehículos que pasan en 1 año.
- **Tránsito mensual (TM):** cantidad total de vehículos que pasan en 1 mes.
- **Tránsito semanal (TS):** cantidad total de vehículos que pasan en 1 semana.
- **Tránsito diario (TD):** cantidad total de vehículos que pasan en 1 día.
- **Tránsito horario (TH):** cantidad total de vehículos que pasan en 1 hora.

En base al número de días del periodo, se presentan los siguientes volúmenes de transito:

- Transito promedio diario anual TPDA

$$TPDA = \frac{TA}{360} \quad \text{Ecuación (18)}$$

(Cal y Mayor, 2007)

- Transito promedio diario mensual TPDM

$$TPDM = \frac{TM}{12} \quad \text{Ecuación (19)}$$

(Cal y Mayor, 2007)

- Transito promedio diario semanal TPDS

$$TPDS = \frac{TS}{7} \quad \text{Ecuación (20)}$$

(Cal y Mayor, 2007)

Los volúmenes de transito se deben considerar dinámicos, donde es esencial conocer las variaciones periódicas de los volúmenes de tránsito dentro de las horas de demanda, en las horas del día, en los días de la semana y meses del año.

4. Marco metodológico

4.1. Zona de estudio de la ciudad de Loja

La ciudad de Loja es la cabecera cantonal del cantón y provincia del mismo nombre, se encuentra ubicada al sur del país y tiene una altitud de 2060 metros sobre el nivel del mar, con un área aproximada de 55 kilómetros cuadrados. En la figura 10 se delimita la zona urbana de la ciudad de Loja para analizar el comportamiento del tránsito vehicular.



Figura 10. Mapa urbano de la ciudad de Loja - Ecuador

Fuente: (SinMapa, 2016)

4.1.1. Puntos críticos para la movilización vehicular en el centro de Loja

Según el diario la (Cronica, 2015), el parque automotor de la ciudad de Loja cuenta con 41696 vehículos de las cuales el 90 % son de uso particular y con una tasa de crecimiento vehicular del 9% anual. La tasa de crecimiento del parque automotor en Loja es superior a la tasa de crecimiento promedio del país.

La figura 11 indica uno de los puntos conflictivos del centro de la ciudad, donde es muy común la saturación vehicular y el uso inadecuado de la bocina. (LaHora, 2019)



Figura 11. El teatro Bolívar, ubicado en la calle Rocafuerte entre Bernardo Valdivieso y Olmedo

Fuente: (LaHora, 2019)

4.1.2. Proyección vehicular del parque automotor de Loja

Basándonos en la ecuación 2, se estimó el número de vehículos desde el año 2020 y se proyectó para 5 años después.

$$\frac{dP}{dt} = kP$$

$$P = Ce^{kt}$$

Condiciones: $\left\{ \begin{array}{l} \text{Condición 1. 2015 es el año "0"} \Rightarrow 41696 \text{ vehículos} \\ \text{Condición 2. 2016 es el año "1"} \Rightarrow 45396 \text{ vehículos} \end{array} \right.$

Desarrollo matemático

$$P(0) = 41696$$

\Leftarrow Condición 1

$$P = Ce^{kt}$$

$$41696 = Ce^{k(0)}$$

$$C = 41696$$

$$P(t) = Ce^{k(t)}$$

$$P(t) = 41696e^{k(1)}$$

$$P(2) = 453964 \quad \Leftarrow \text{Condición 2}$$

$$45396 = 41696e^{k(2)}$$

$$\frac{45396}{41696} = e^{k(1)}$$

$$\ln\left(\frac{45396}{41696}\right) = \ln e^{k(1)}$$

$$\ln(1.0887) = k$$

$$k = 0.08498$$

$$P(t) = 41696e^{0.08498(t)} \quad \text{Ecuación (21)}$$

(Autores)

La ecuación 21, es la expresión matemática base para la proyección vehicular de Loja, a esta ecuación se le da diferentes valores al tiempo “t”, de 5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15 para obtener el número vehículos en el año requerido.

La proyección vehicular del parque automotor de Loja hasta el año 2025 se indica en la tabla 3.

Tabla 3. Crecimiento vehicular de Loja proyectado a 5 años

AÑO	NÚMERO DE VEHÍCULOS
2020	63.771
2021	69.427
2022	75.585
2023	82.289
2024	89.588
2025	97.534

Fuente: Autores

En la figura 12, se indica la variación creciente del parque automotor de Loja, según los datos obtenidos la tabla 3.

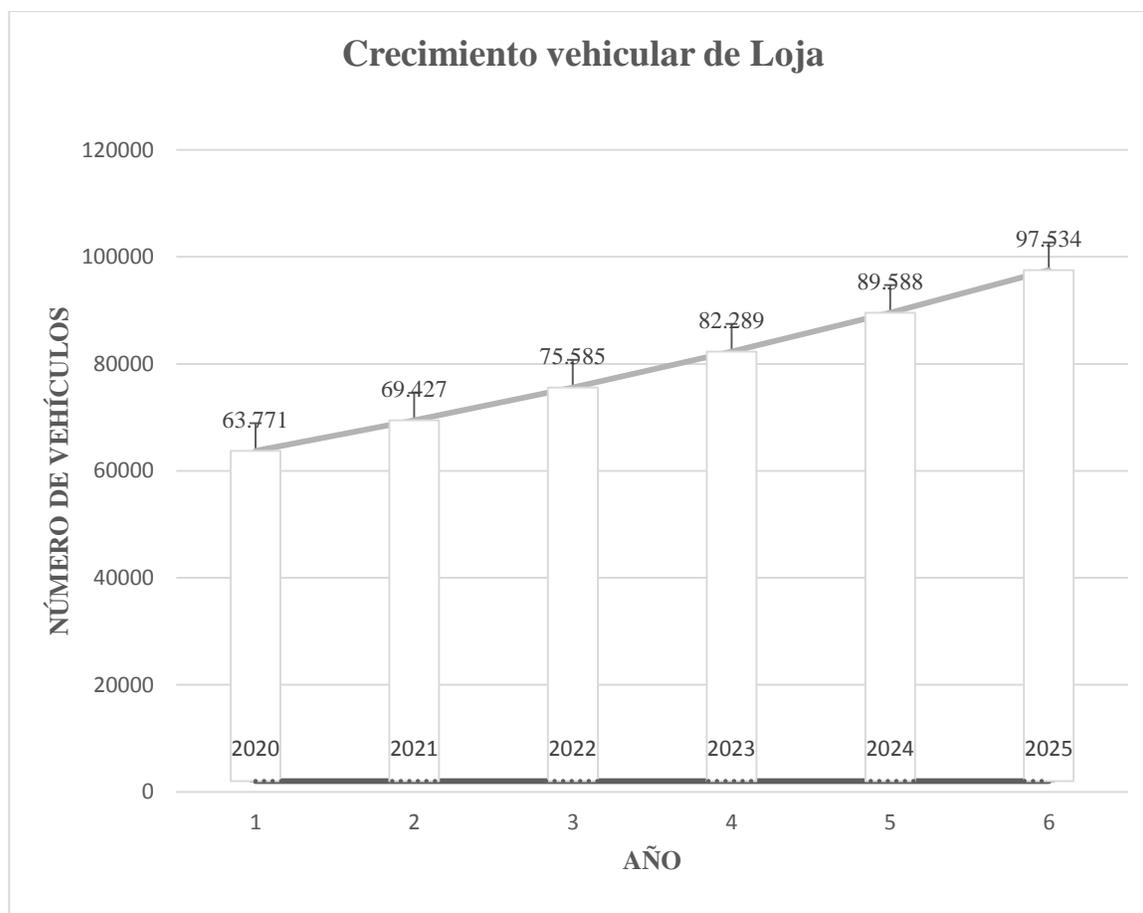


Figura 12. Crecimiento vehicular de Loja

Fuente: Autores

La figura 13 indica los puntos críticos de circulación vehicular según (LaHora, 2019), los cuales se consideran para el análisis del nivel de servicio.

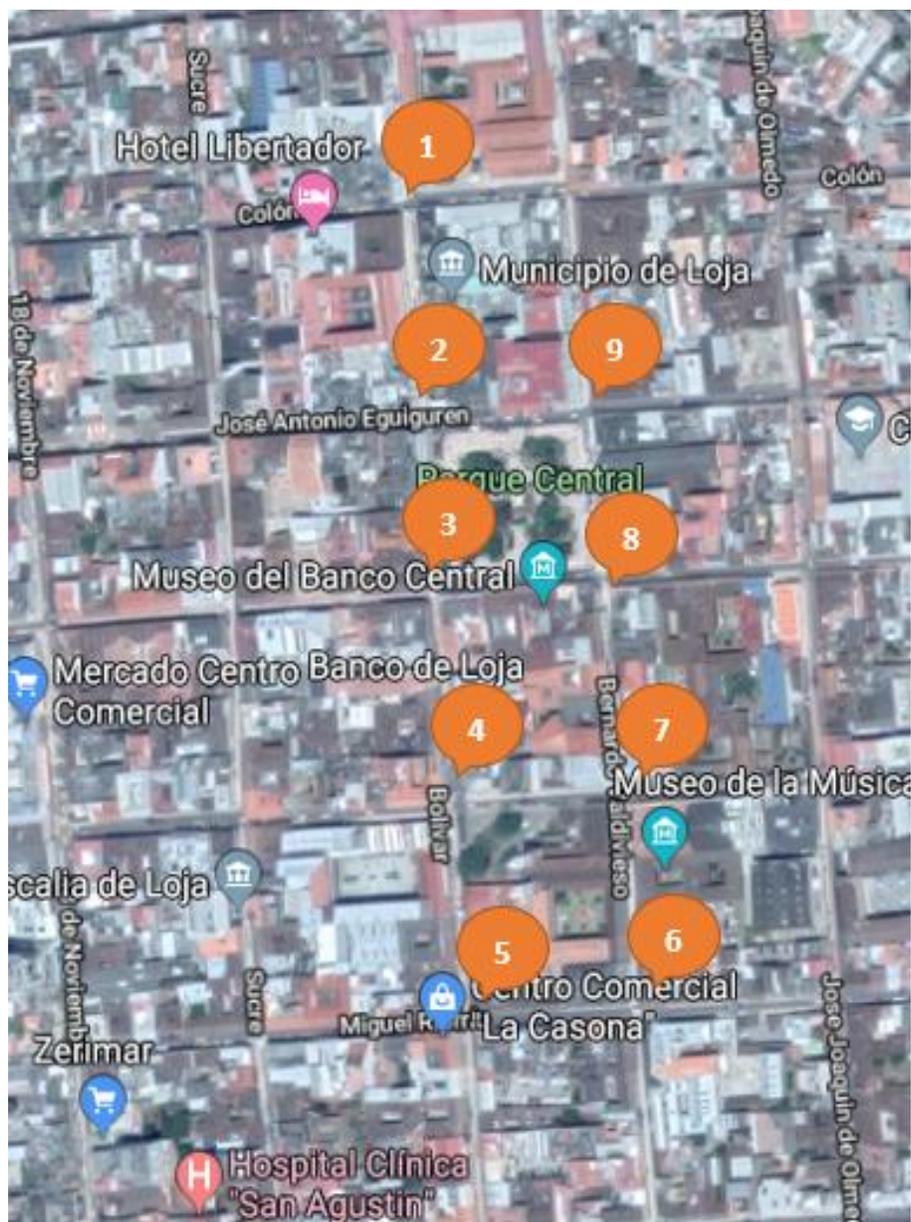


Figura 13. Puntos críticos para la circulación vehicular

Fuente: Google maps

A continuación, se detalla las calles principales y secundarias en las que se realiza el estudio, indicando el sentido en que se dirige el vehículo.

Calles principales

- **Bernardo Valdivieso:** Tiene un sentido Sur-Norte
- **Simón Bolívar:** Tiene un sentido Norte-Sur

Calles secundarias

- **Colón:** Tiene un sentido Oeste-Este
- **José Antonio Eguiguren:** Tiene un sentido Este-Oeste
- **10 de agosto:** Tiene un sentido Oeste-Este
- **Vicente Rocafuerte:** Tiene un sentido Este-Oeste
- **Miguel Riofrío:** Tiene un sentido Oeste-Este

4.1.3. Intersecciones de estudio

Se nombra las intersecciones para el análisis de estudio:

1. Calle Simón Bolívar y Colón (**Intersección 1**)
2. Calle Simón Bolívar y José Antonio Eguiguren (**Intersección 2**)
3. Calle Simón Bolívar y 10 de agosto (**Intersección 3**)
4. Calle Simón Bolívar y Vicente Rocafuerte (**Intersección 4**)
5. Calle Simón Bolívar y Miguel Riofrío (**Intersección 5**)
6. Calle Bernardo Valdivieso y Miguel Riofrío (**Intersección 6**)
7. Calle Bernardo Valdivieso y Vicente Rocafuerte (**Intersección 7**)

8. Calle Bernardo Valdivieso y 10 de agosto (**Intersección 8**)

9. Calle Bernardo Valdivieso y José Antonio Eguiguren (**Intersección 9**)

4.2. Proceso de adquisición de datos para el módulo de entrada

A continuación, se describe el proceso aplicado para la adquisición de datos para el módulo de entrada: Características geométricas, fases semafóricas y TPDA (volúmenes vehiculares máximos y mínimos).

- **Características geométricas:** Medición del ancho y longitud de las calles que conforman cada intersección de estudio utilizando una cinta topográfica, a través de la aplicación Cinometer + bubble level se conoció la pendiente de la calle y se representa en forma de diagrama a cada intersección.
- **Fases semafóricas:** Registro de tiempo del ciclo semafórico (verde, amarillo y rojo), de cada intersección utilizando el cronometro del celular LG K10.
- **Volumen:** Es la cantidad de vehículos que circulan en un periodo de tiempo, ya sea al lado izquierdo, derecho o de frente, para este caso se toma en cuenta la hora pico máxima y mínima de vehículos, considerando periodos de registro cada 15 min. Para ello se contó el número de vehículos de forma visual y con ayuda de un cronometro se tomó el tiempo sugerido.

4.2.1. Transito promedio diario anual (TPDA)

A continuación, se detalla el proceso utilizado para determinar el tránsito promedio diario anual:

1. Ubicación del personal técnico en la zona donde se realiza el conteo.
2. Ejecutar el conteo de vehículos.
3. Registrar el conteo de vehículos en la matriz de datos en intervalos de tiempo de 15 minutos, indicado en la figura 16.
4. El conteo y registro de datos se lo realizó durante 12 horas continuas.

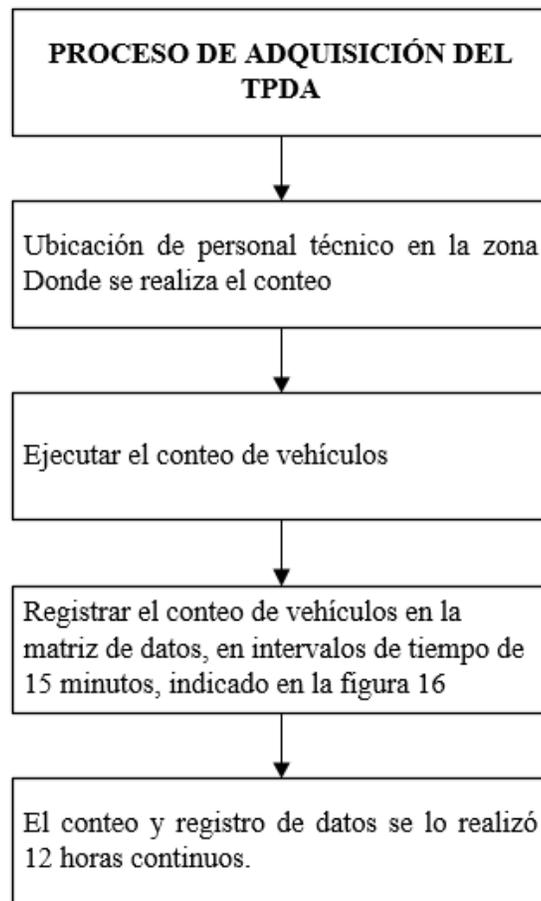


Figura 14. Proceso de adquisición de datos

Fuente: Autores

Para el registro de datos, también se considera los movimientos permitidos en cada intersección, como se indica en la figura 15.

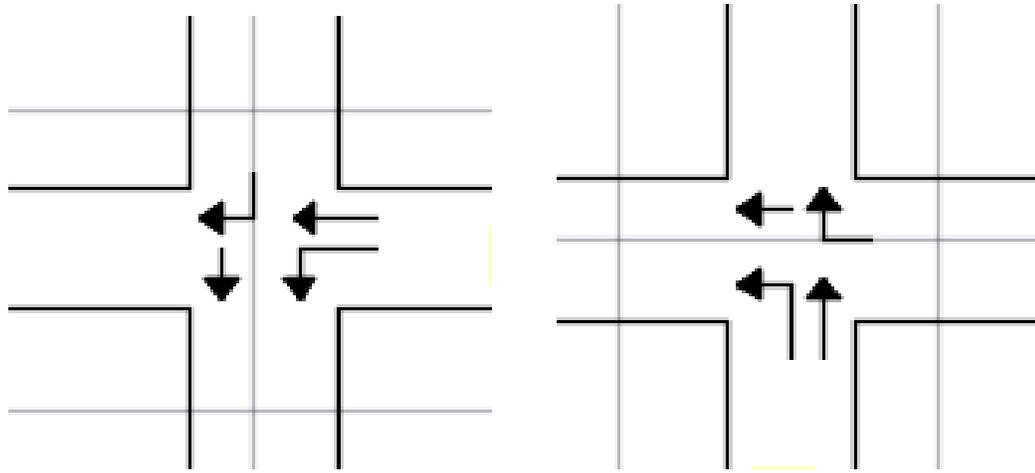


Figura 15. Movimientos vehiculares permitidos en intersecciones

Fuente: Autores

La figura 16, muestra el conteo vehicular de la intersección Simón Bolívar y Colón (Intersección 2), en el intervalo de tiempo de 6:30 a 18:30 pm, considerando los movimientos permitidos y el tiempo sugerido por la metodología.

HORARIO	VOLUMEN DE TRÁNSITO	MOVIMIENTO	Motocicletas	Automoviles	Busetas	Camiones	Otros	Volumen del tránsito
6:30-6:45	196	1_2	4	63	2	1	0	196
6:45-7:00	239	1_10	3	62	1	0	0	
7:00-7:15	166	A_1_2	1	26	0	0	0	
7:15-7:30	176	P1_1_10	2	30	1	0	0	
7:30-7:45	156							
7:45-8:00	269							
8:00-8:15	185							
8:15-8:30	197							
8:30-8:45	183							
8:45-9:00	218							
9:00-9:15	196							
9:15-9:30	233							
9:30-9:45	202							
9:45-10:00	216							
10:00-10:15	200							
10:15-10:30	186							
10:30-10:45	226							
10:45-11:00	197							
11:00-11:15	187							
11:15-11:30	183							
11:30-11:45	180							
11:45-12:00	191							
12:00-12:15	157							
12:15-12:30	216							
12:30-12:45	184							
12:45-13:00	207							
13:00-13:15	167							
13:15-13:30	172							
13:30-13:45	147							
13:45-14:00	169							
14:00-14:15	160							
14:15-14:30	171							
14:30-14:45	190							
14:45-15:00	207							
15:00-15:15	226							
15:15-15:30	185							
15:30-15:45	208							
15:45-16:00	200							
16:00-16:15	194							
16:15-16:30	213							
16:30-16:45	181							
16:45-17:00	190							
17:00-17:15	188							
17:15-17:30	189							
17:30-17:45	164							
17:45-18:00	173							
18:00-18:15	167							
18:15-18:30	190							

Figura 16. Cálculo del TDPA intersección (Simón Bolívar y Colón)

Fuente: Autores

4.2.2. Características geométricas, fases semafóricas y volúmenes vehiculares

Proceso de medición de las intersecciones de estudio:

1. Ubicación del personal técnico en las intersecciones de estudio.
2. Se procede a medir ancho y longitud en las calles utilizando una cinta topográfica, tomando la medida desde un extremo de la vereda al otro extremo.

3. Para conocer la pendiente de las calles se utilizó la aplicación Cinometer + bubble del celular LG K10, colocándolo en el asfalto de la vía y registrando el valor.

Registro de tiempo de las fases semafóricas:

1. Se procede a registrar cuantas fases posee el semáforo ubicado en cada intersección.
2. Por medio de un cronómetro se verifica y se registra el tiempo (segundos) de cada fase semafórica (verde, amarillo, rojo y rojo total).

A continuación, se muestra como ejemplo la fase semafórica de la intersección 2, considerando la calle principal Bolívar (N-S) y la calle secundaria José A Eguiguren (E-O).

Calle principal: Simón Bolívar (N-S)



Calle secundaria: José Antonio Eguiguren (E-O)



Figura 17. Fase semafórica

Fuente: Autores

Volumen para utilizar en el cálculo del nivel de servicio

1. Basándose en la adquisición del TPDA se procede a examinar el horario donde se presenta la mayor y menor afluencia de vehículos.
2. Se realiza una tabla en la hoja de cálculo con el volumen máximo y mínimo de vehículos en el horario establecido.

4.2.2.1. Calles Simón Bolívar y Colón (INTERSECCIÓN 1)

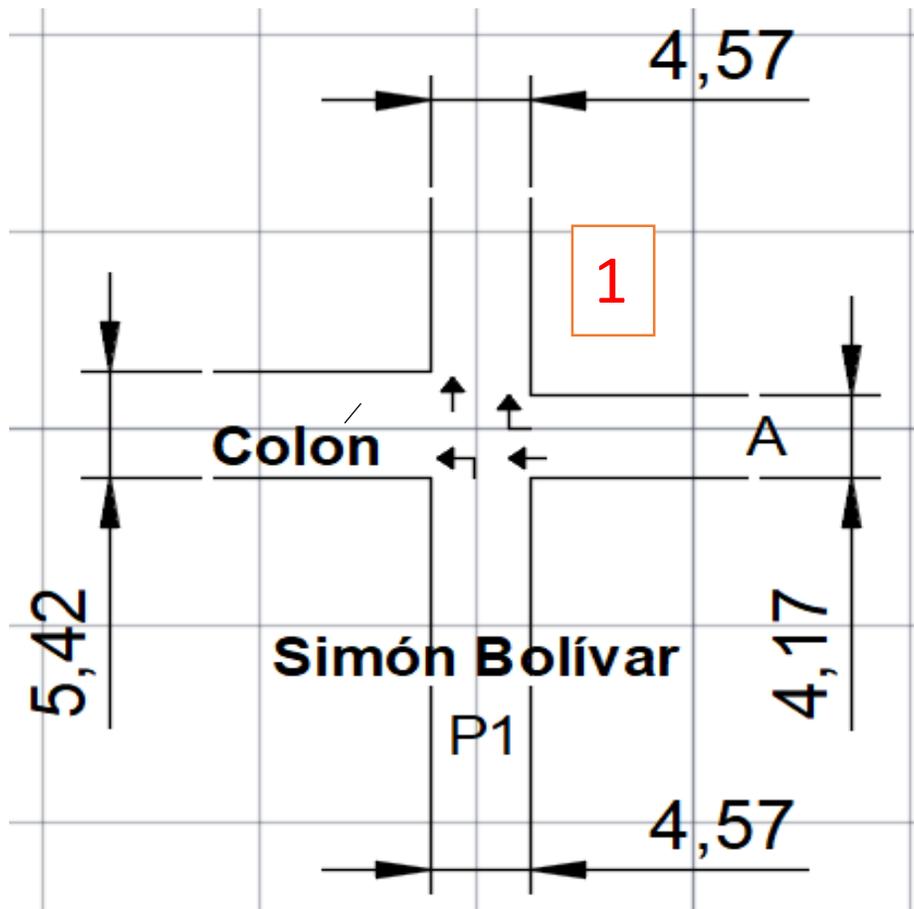


Figura 18. Movimientos de la intersección Simón Bolívar y Colón

Fuente: Autores

Tabla 4. Características constructivas de la intersección 1

Características constructivas de la intersección	
Longitud N-S	112 m
Longitud O-E	113.1 m
Ancho del carril N-S	4,57 m
Pendiente de acceso N-S	2%
Ancho del carril O-E	4,17 m
Pendiente de acceso O-E	2%
Número de carriles	1
Zona con estacionamiento	Si
Parada de bus	No
Tipo de zona	Urbana

Fuente: Autores

Tabla 5. Fases semafóricas de la intersección 1

Fase	Tiempo (segundos)				Total
	Verde	Amarillo	Rojo	Rojo Total	
Norte	47	3	54	2	106
Oeste	49	3	52	2	106

Fuente: Autores

Tabla 6. Hora de mayor demanda de la intersección 1

Hora	Volumen (# de vehículos)
08:30-08:45	183
08:45-09:00	218
09:00-09:15	196
09:15-09:30	233
Total	830

Fuente: Autores

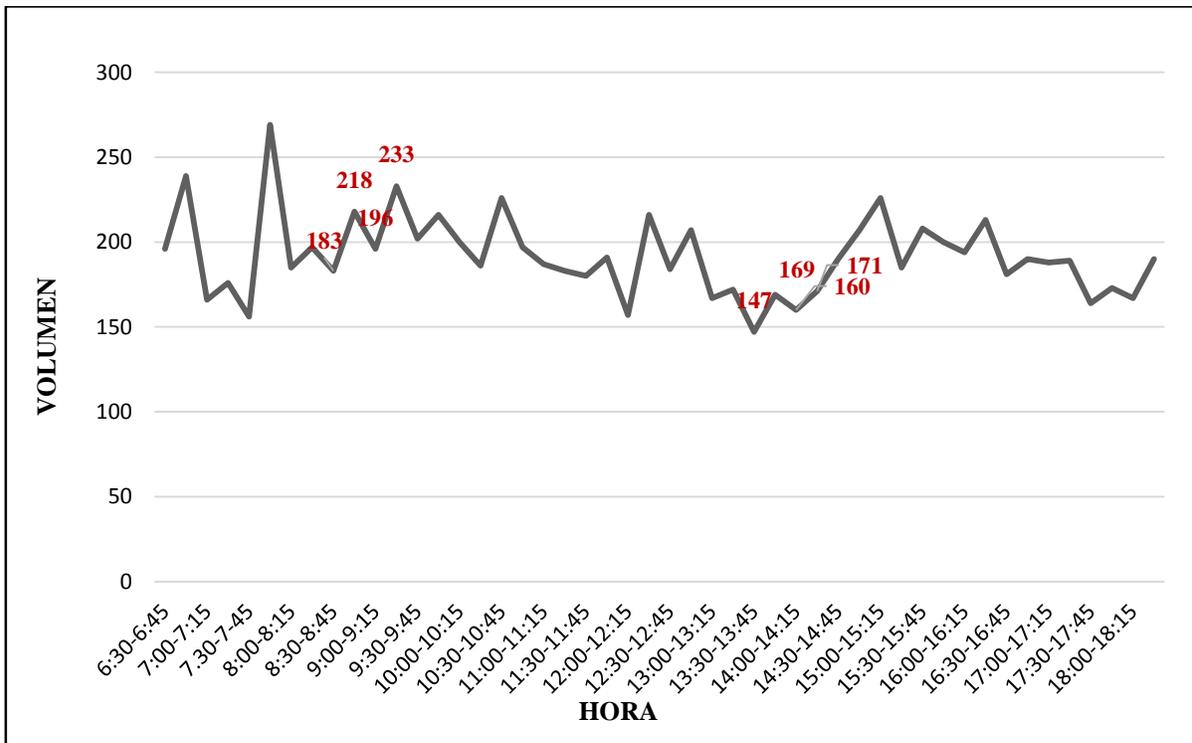


Figura 19. Volumen de tránsito de la intersección 1

Fuente: Autores

4.2.2.2. Calles simón Bolívar y José Antonio Eguiguren (INTERSECCION 2)

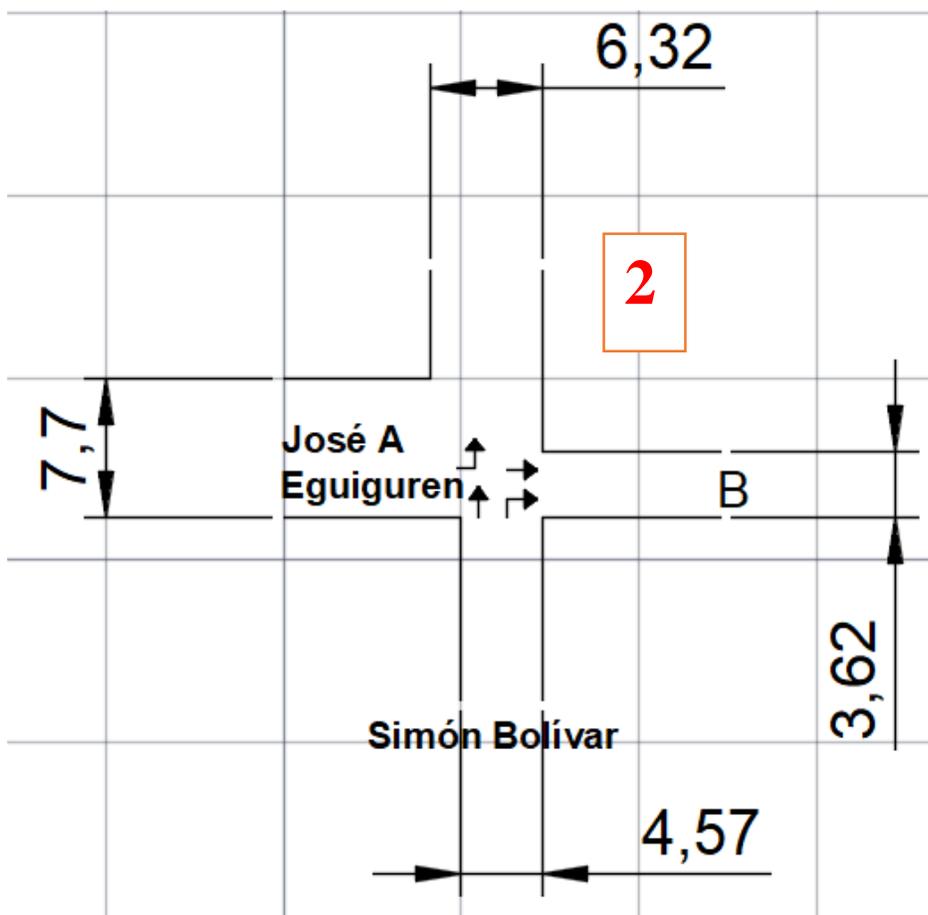


Figura 20. Movimientos de la intersección Simón Bolívar y José Antonio Eguiguren

Fuente: Autores

Tabla 7. Características constructivas de la intersección 2

Características constructivas de la intersección	
Longitud N-S	120 m
Longitud E-O	88.7 m
Ancho del carril N-S	4,57 m
Pendiente de acceso N-S	2%
Ancho del carril E-O	7.7 m
Pendiente de acceso E-O	2%
Número de carriles	1
Zona con estacionamiento	Si
Parada de bus	No
Tipo de zona	Urbana

Fuente: Autores

Tabla 8. Fases semafóricas de la intersección 2

Fase	Tiempo (segundos)				Total
	Verde	Amarillo	Rojo	Rojo Total	
Norte	55	3	46	2	106
Oeste	41	3	60	2	106

Fuente: Autores

Tabla 9. Hora de mayor demanda de la intersección 2

Hora	Volumen (# de vehículos)
12:00-12:15	219
12:15-12:30	219
12:30-12:45	208
12:45-13:00	233
Total	879

Fuente: Autores

Elaborado por: Autores

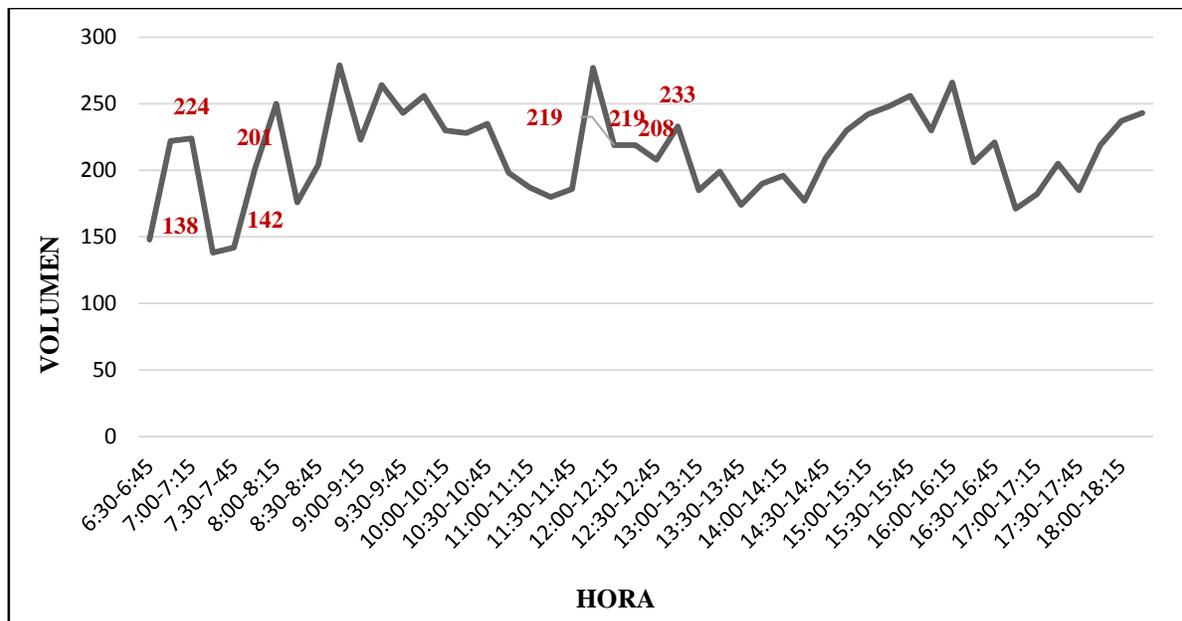


Figura 21. Volumen de tránsito de la intersección 2

Fuente: Autores

4.2.2.3. Calles Simón Bolívar y 10 de agosto (INTERSECCIÓN 3)

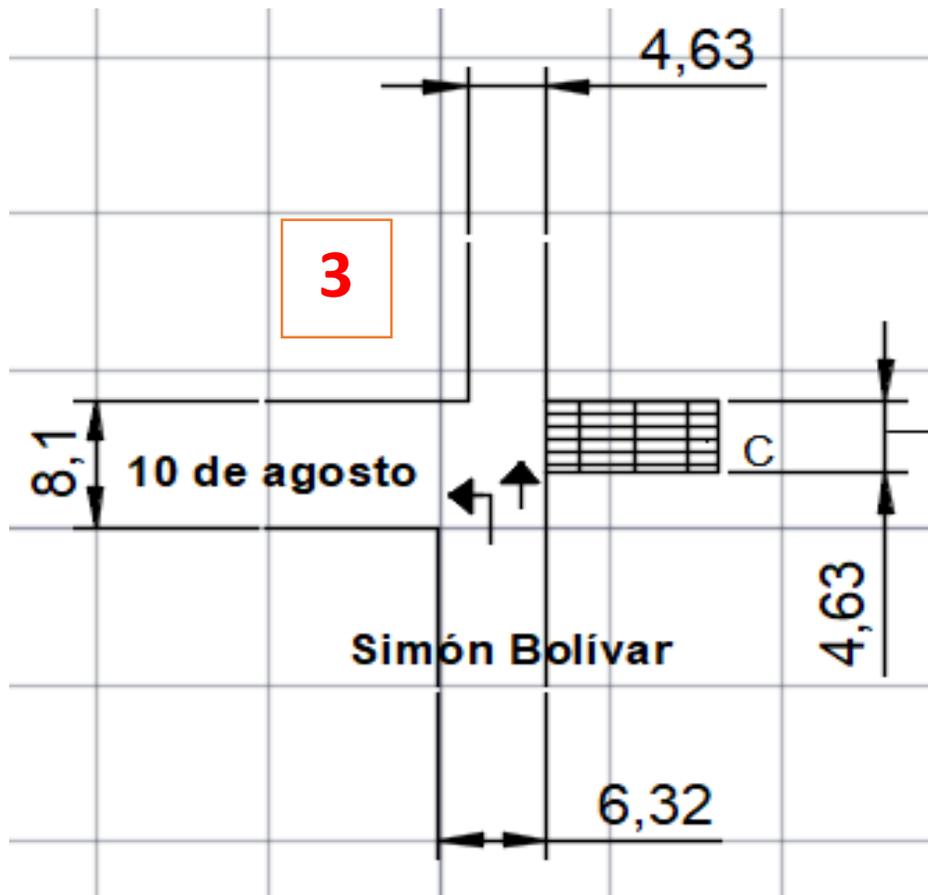


Figura 22. Movimientos de la intersección Simón Bolívar y 10 de agosto

Fuente: Autores

Tabla 10. Características constructivas de la intersección 3

Características constructivas de la intersección	
Longitud N-S	93.4 m
Ancho del Carril N-S	6.32 m
Pendiente de Acceso N-S	2%
Pendiente de Acceso O-E	2%
Número de carriles	1
Zona con estacionamiento	Si
Parada de bus	No
Tipo de zona	Urbana

Fuente: Autores

Elaborado por: Autores

Tabla 11. Fase semafórica de la intersección 3

Fase	Tiempo (segundos)				Total
	Verde	Amarillo	Rojo	Rojo Total	
Norte	56	3	45	2	106

Fuente: Autores

Elaborado por: Autores

Tabla 12. Hora de mayor demanda de la intersección 3

Hora	Volumen (# de vehículos)
8:30-8:45	75
8:45-9:00	152
9:00-9:15	124
9:15-9:30	156
Total	507

Fuente: Autores

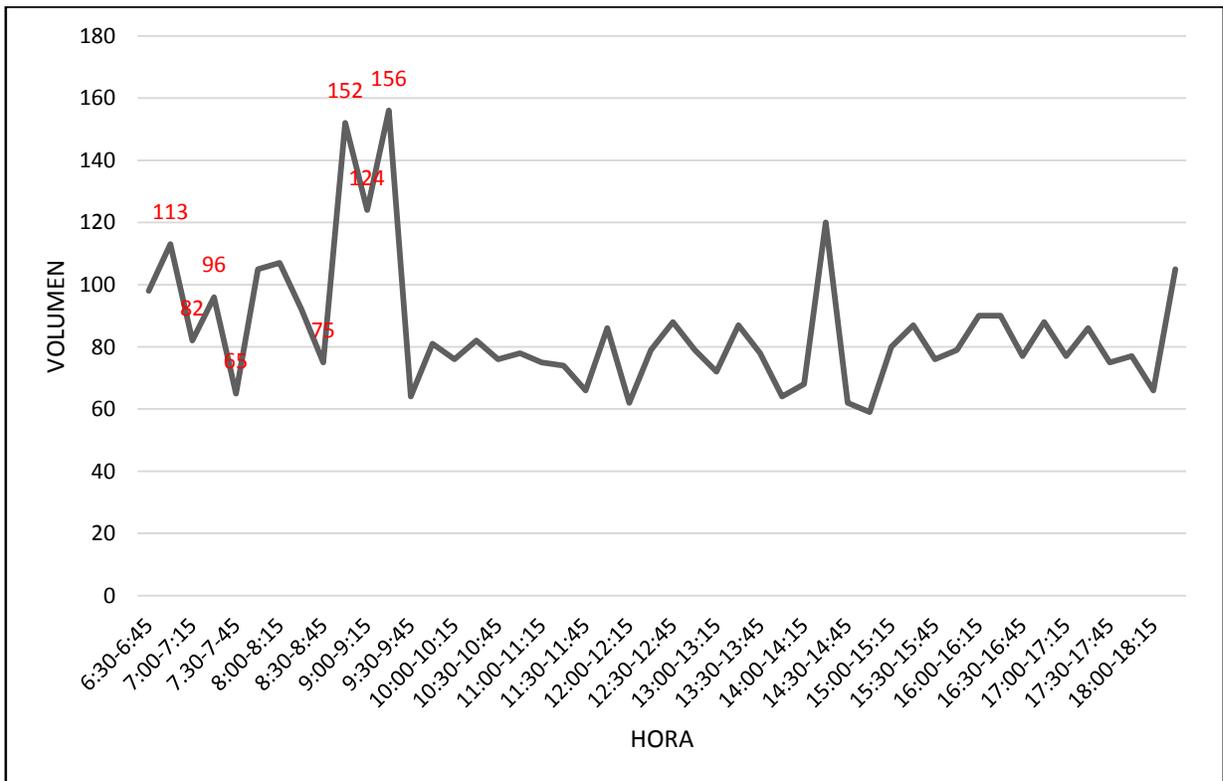


Figura 23. Volumen de tránsito de la intersección

Fuente: Autores

4.2.2.4. Calles Simón Bolívar y Vicente Roca fuerte (INTERSECCIÓN 4)

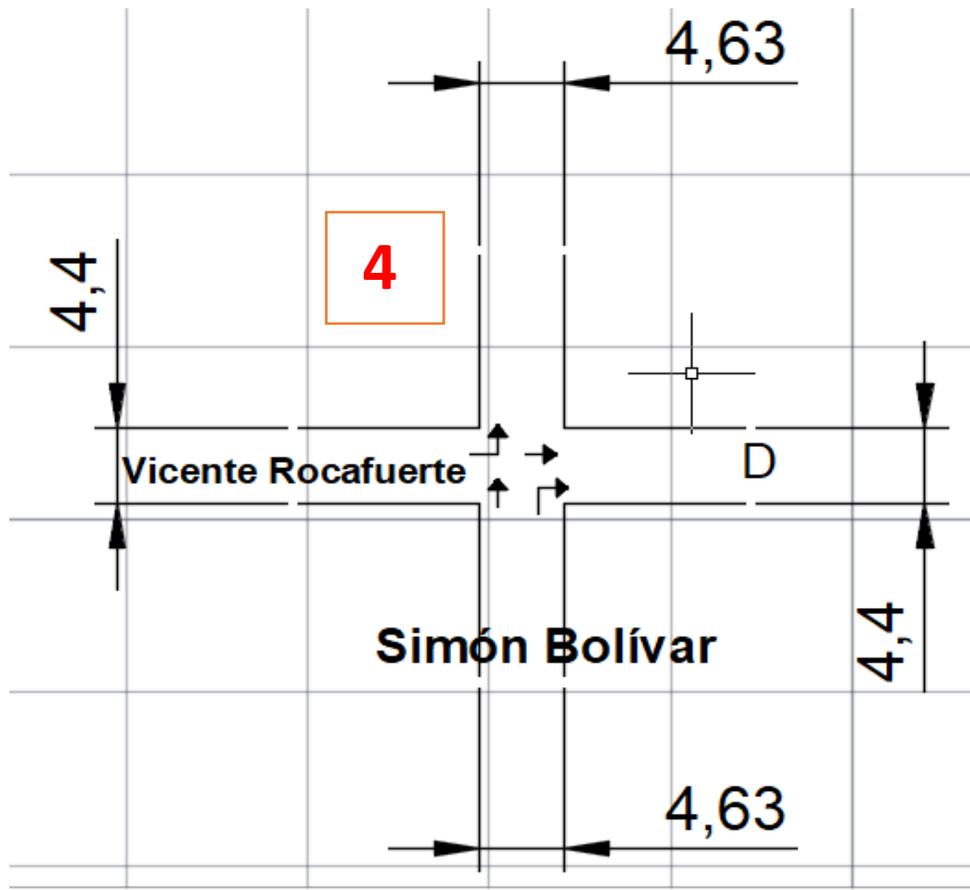


Figura 24. Movimiento de la intersección Simón Bolívar y Roca fuerte

Fuente: Autores

Tabla 13. Características constructivas de la intersección 4

Características constructivas de la intersección	
Longitud N-S	114.9 m
Longitud E-O	92 m
Ancho del carril N-S	4.63 m
Pendiente de acceso N-S	2%
Ancho del carril E-O	4,4 m
Pendiente de acceso E-O	2%
Número de carriles	1
Zona con estacionamiento	No
Parada de bus	No
Tipo de zona	Urbana

Fuente: Autores

Tabla 14. Fase semafórica de la intersección 4

Fase	Tiempo (segundos)				Total
	Verde	Amarillo	Rojo	Rojo Total	
Norte	55	3	46	2	106
Oeste	41	3	60	2	106

Fuente: Autores

Tabla 15. Hora de mayor demanda de la intersección 4

Hora	Volumen (# de vehículos)
08:30-08:45	151
08:45-09:00	218
09:00-09:15	196
09:15-09:30	233
Total	798

Fuente: Autores

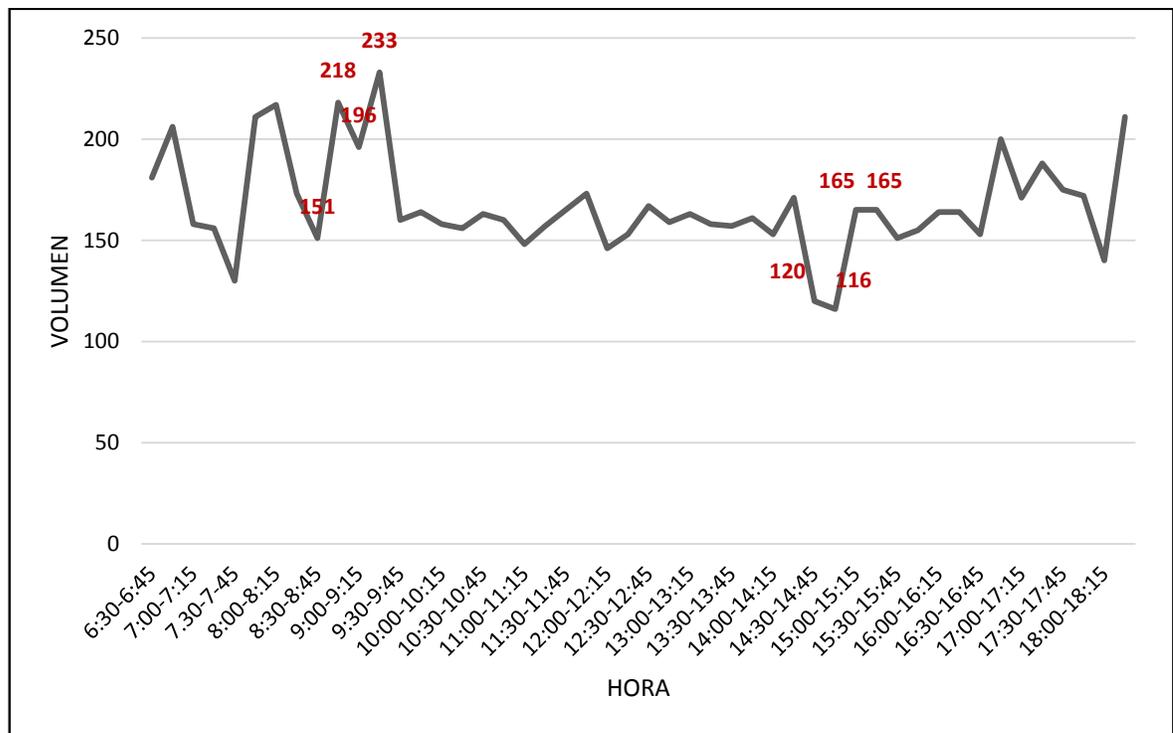


Figura 25. Volumen de tránsito de la intersección

Fuente: Autores

4.2.2.5. Calles Simón Bolívar y Miguel Riofrío (INTERSECCIÓN 5)

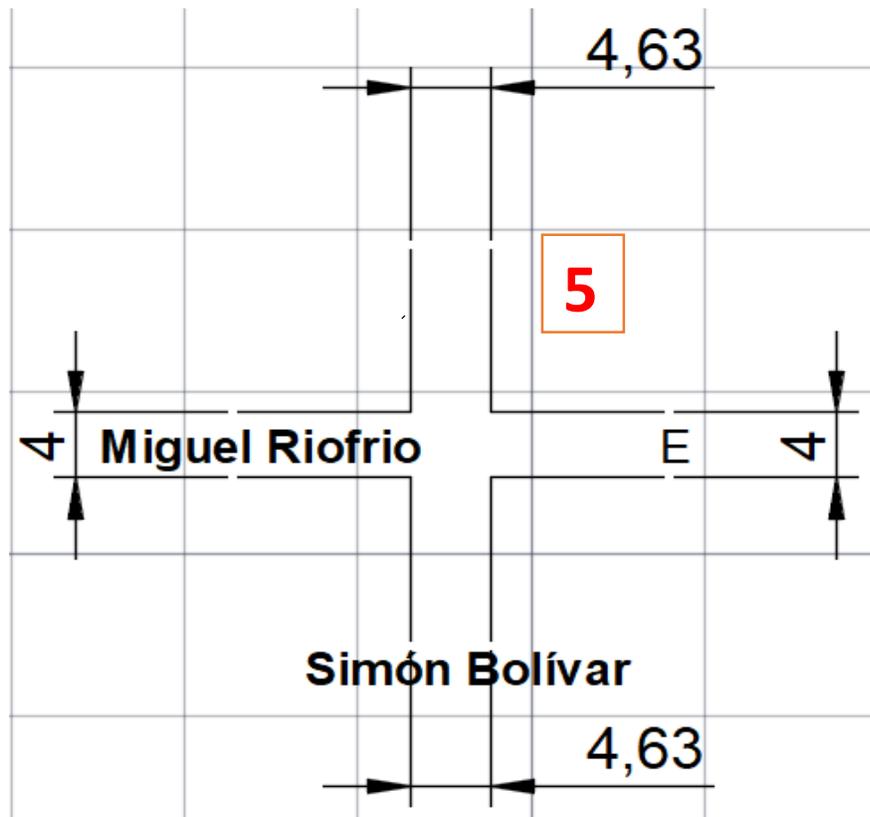


Figura 26. Movimientos de la intersección Simón Bolívar y Miguel Riofrío

Fuente: Autores

Tabla 16. Características constructivas de la intersección 5

Características constructivas de la intersección	
Longitud N-S	121.4 m
Longitud O-E	115.7 m
Ancho del carril N-S	4,63 m
Pendiente de acceso N-S	2%
Ancho del carril O-E	4 m
Pendiente de acceso O-E	4%
Número de carriles	1
Zona con estacionamiento	No
Parada de bus	No
Tipo de zona	Urbana

Fuente: Autores

Tabla 17. Fases semafóricas de la intersección 5

Fase	Tiempo (segundos)				Total
	Verde	Amarillo	Rojo	Rojo Total	
Norte	53	3	48	2	106
Oeste	43	3	58	2	106

Fuente: Autores

Tabla 18. Hora de mayor demanda de la intersección 5

Hora	Volumen (# de vehículos)
17:30-17:45	180
17:45-18:00	179
18:00-18:15	190
18:15-18:30	196
Total	745

Fuente: Autores

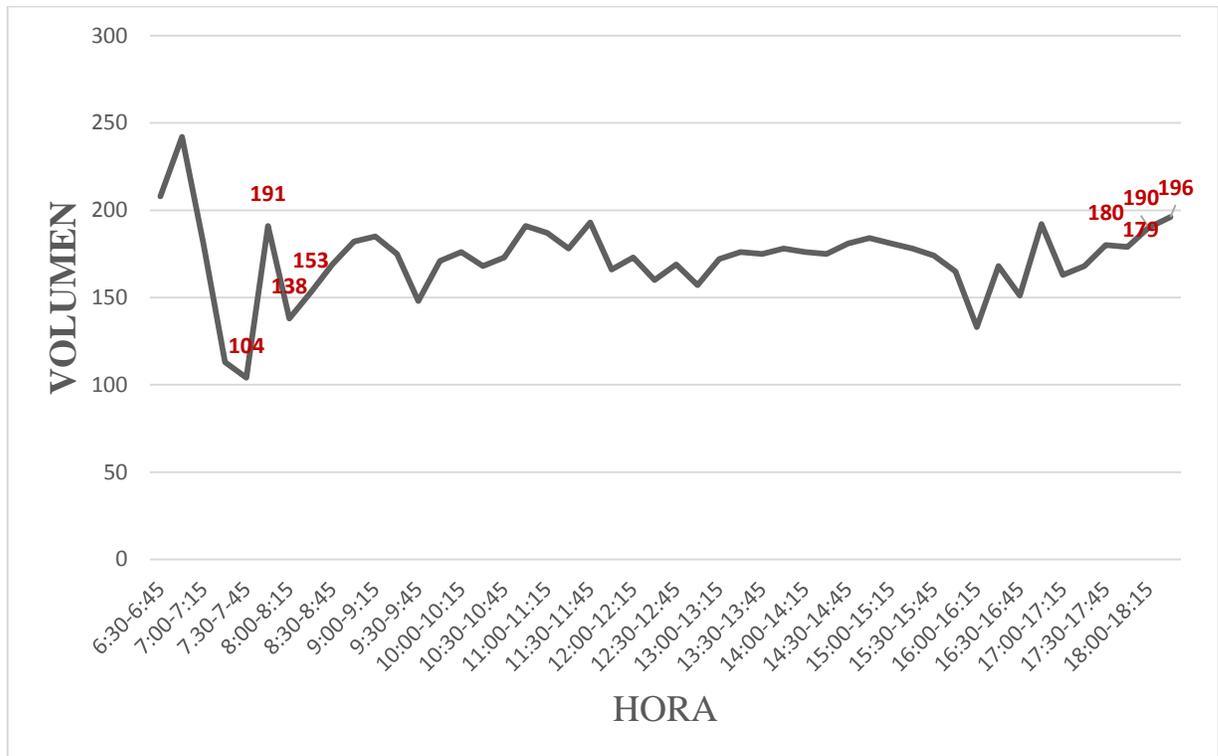


Figura 27. Volumen de tránsito de la intersección 5

Fuente: Autores

4.2.2.6. Calles Bernardo Valdivieso y Miguel Riofrío (INTERSECCIÓN 6)

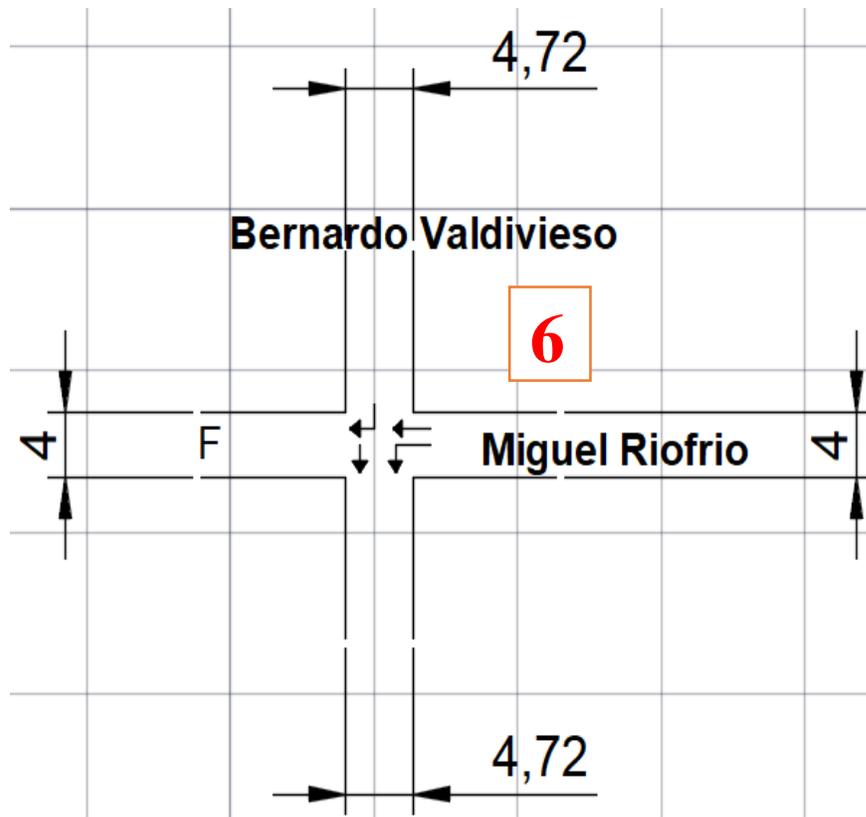


Figura 28. Movimientos de la intersección Bernardo Valdivieso y Miguel Riofrío

Fuente: Autores

Tabla 19. Características constructivas de la intersección 6

Características constructivas de la intersección	
Longitud S-N	114.7 m
Longitud O-E	95.2 m
Ancho del carril S-N	4,72 m
Pendiente de acceso S-N	3%
Ancho del carril O-E	4 m
Pendiente de acceso O-E	4%
Número de carriles	1
Zona con estacionamiento	No
Parada de bus	No
Tipo de zona	Urbana

Fuente: Autores

Tabla 20. Fases semafóricas de la intersección 6

Fase	Tiempo (segundos)				Total
	Verde	Amarillo	Rojo	Rojo Total	
Norte	53	3	48	2	106
Oeste	43	3	58	2	106

Fuente: Autores

Tabla 21. Hora de mayor demanda de la intersección 6

Hora	Volumen (# de vehículos)
14:30-14:45	183
14:45-15:00	184
15:00-15:15	194
15:15-15:30	201
Total	762

Fuente: Autores

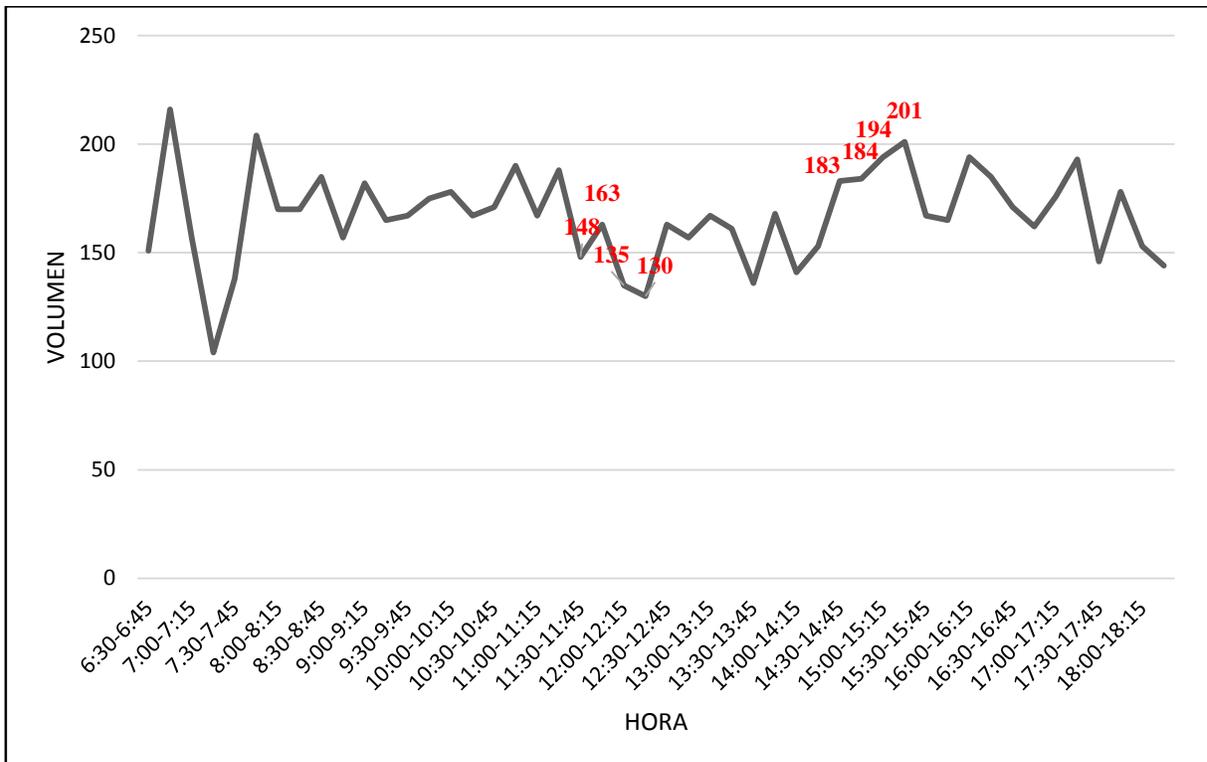


Figura 29. Volumen de transito de la intersección

Fuente: Autores

4.2.2.7. Calles Bernardo Valdivieso y Vicente Roca fuerte (INTERSECCIÓN 7)

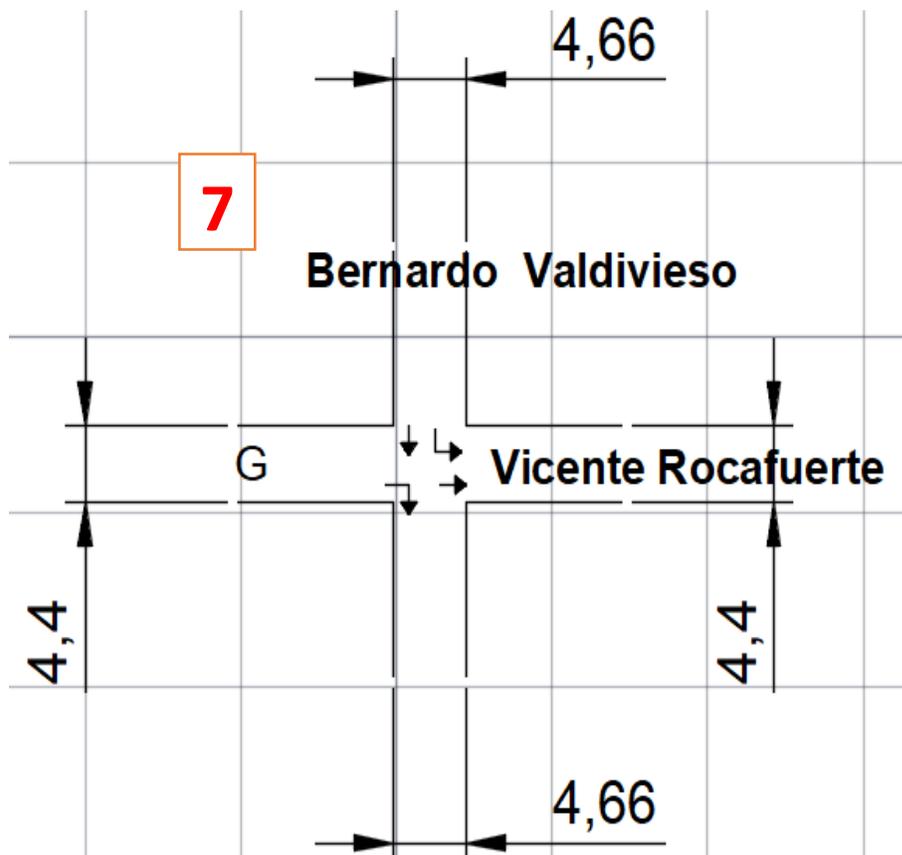


Figura 30. Movimientos de la intersección Bernardo Valdivieso y Vicente Roca fuerte

Fuente: Autores

Tabla 22. Características constructivas de intersección 7

Características constructivas de la intersección	
Longitud S-N	122.2 m
Longitud E-O	117.2 m
Ancho del carril S-N	4,66 m
Pendiente de acceso S-N	3%
Ancho del carril E-O	4,4 m
Pendiente de acceso E-O	2%
Número de carriles	1
Zona con estacionamiento	No
Parada de bus	No
Tipo de zona	Urbana

Fuente: Autores

Tabla 23. Fases semafóricas de la intersección 7

Fase	Tiempo (segundos)				Total
	Verde	Amarillo	Rojo	Rojo Total	
Norte	41	3	60	2	106
Oeste	55	3	46	2	106

Fuente: Autores

Tabla 24. Hora de mayor demanda de la intersección 7

Hora	Volumen (# de vehículos)
06:30-06:45	169
06:45-07:00	183
07:00-07:15	144
07:15-07:30	125
Total	621

Fuente: Autores

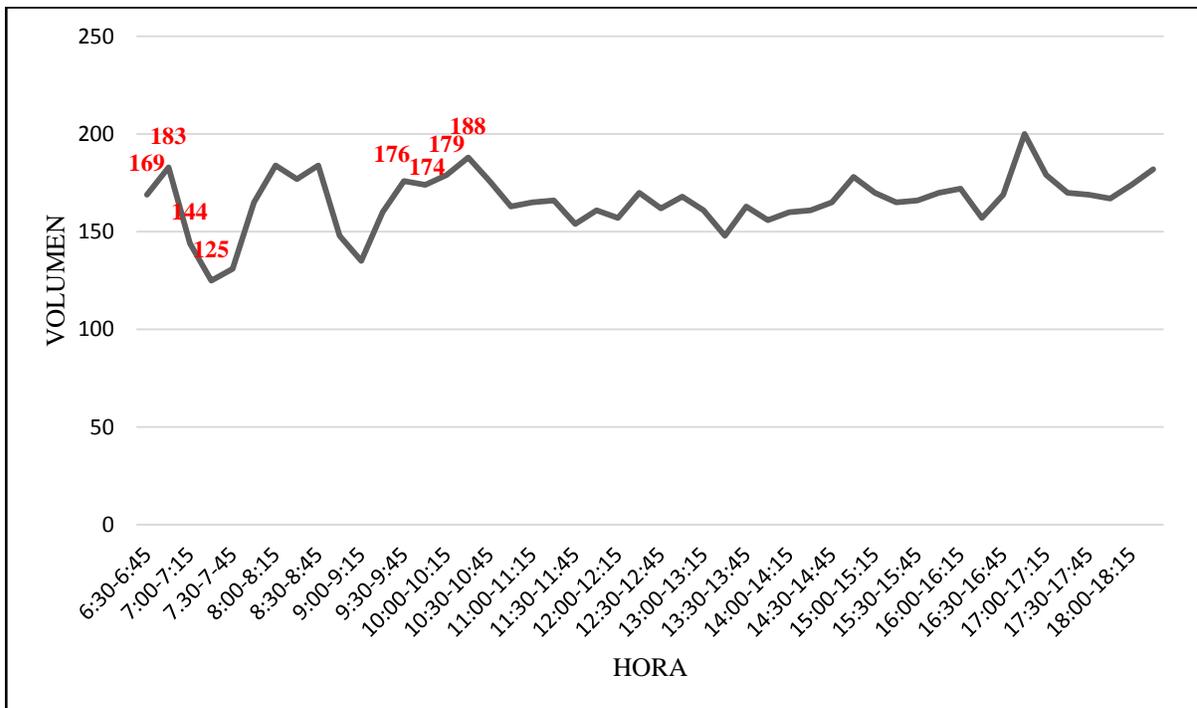


Figura 31. Volumen de tránsito de la intersección 7

Fuente: Autores

4.2.2.8. Calles Bernardo Valdivieso y 10 de agosto (INTERSECCIÓN 8)

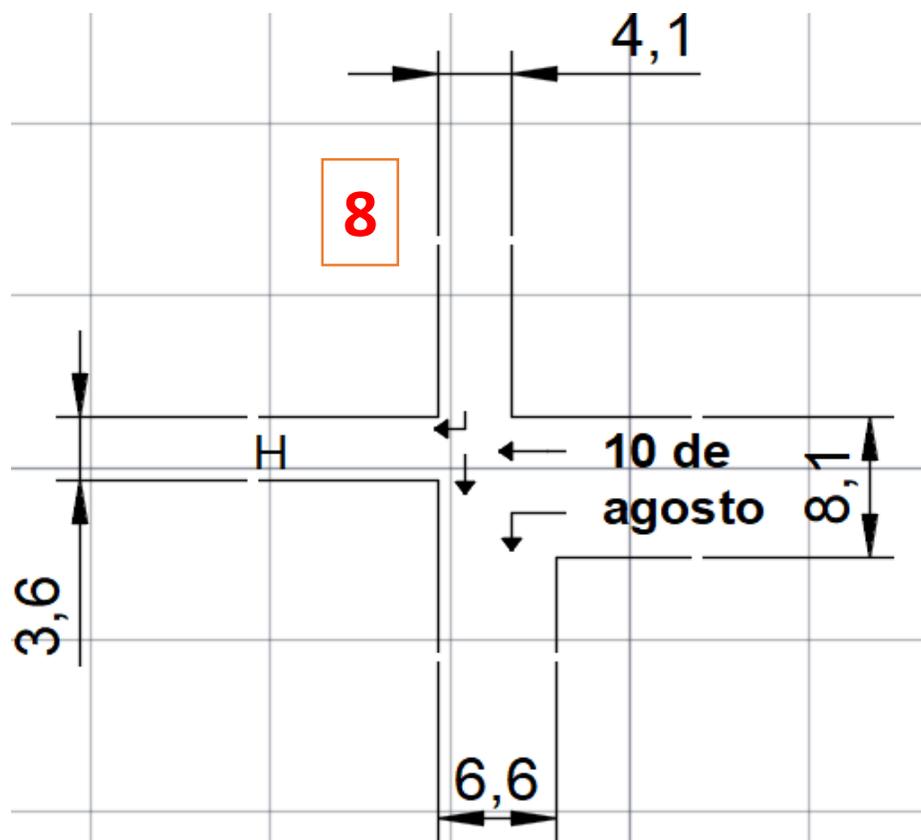


Figura 32. Movimientos de la intersección Bernardo Valdivieso y 10 de agosto

Fuente: Autores

Tabla 25 Características constructivas de la intersección 8

Características Constructivas de la intersección	
Longitud S-N	115.6 m
Longitud O-E	88.7 m
Ancho del carril S-N	4,1 m
Pendiente de acceso S-N	3%
Ancho del carril O-E	8.1 m
Pendiente de acceso O-E	2%
Número de carriles	1
Zona con estacionamiento	Si
Parada de bus	No
Tipo de zona	Urbana

Fuente: Autores

Tabla 26. Fases semafóricas de la intersección 8

Fase	Tiempo (segundos)				Total
	Verde	Amarillo	Rojo	Rojo Total	
Norte	41	3	60	2	106
Oeste	55	3	46	2	106

Fuente: Autores

Tabla 27. Hora de mayor demanda de la intersección 8

Hora	Volumen (# de vehículos)
10:30-10:45	181
10:45-11:00	188
11:00-11:15	196
11:15-11:30	190
Total	755

Fuente: Autores

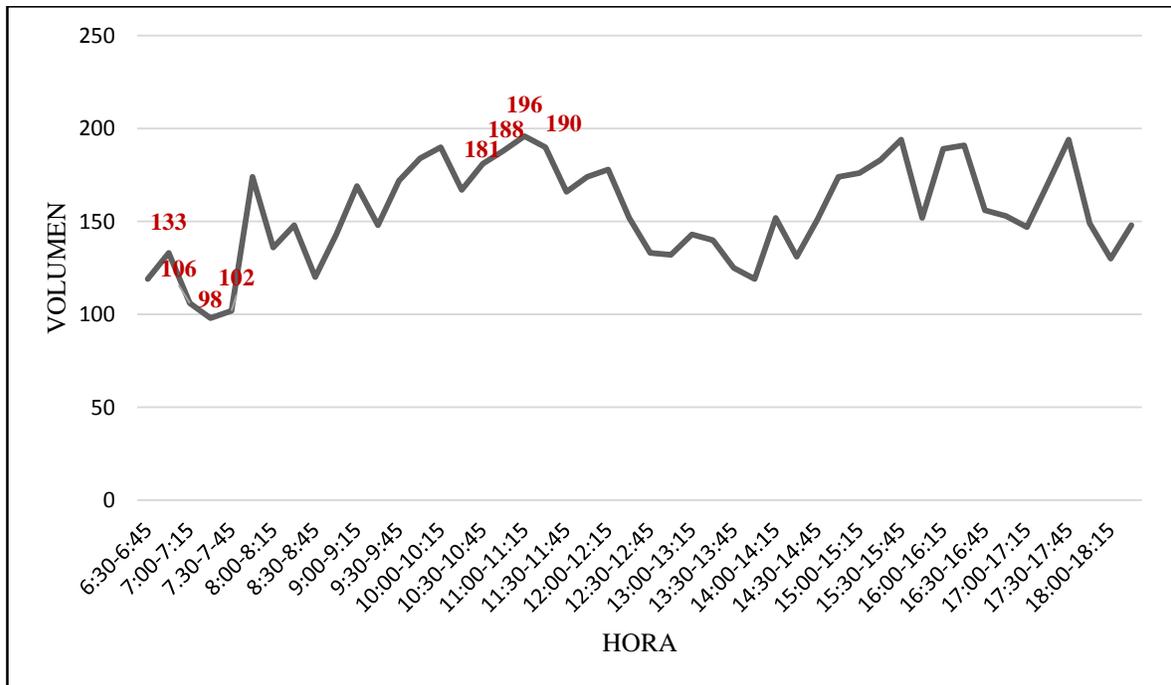


Figura 33. Volumen de tránsito de la intersección 8

Fuente: Autores

4.2.2.9. Calles Bernardo Valdivieso y José Antonio Eguiguren (INTERSECCIÓN 9)

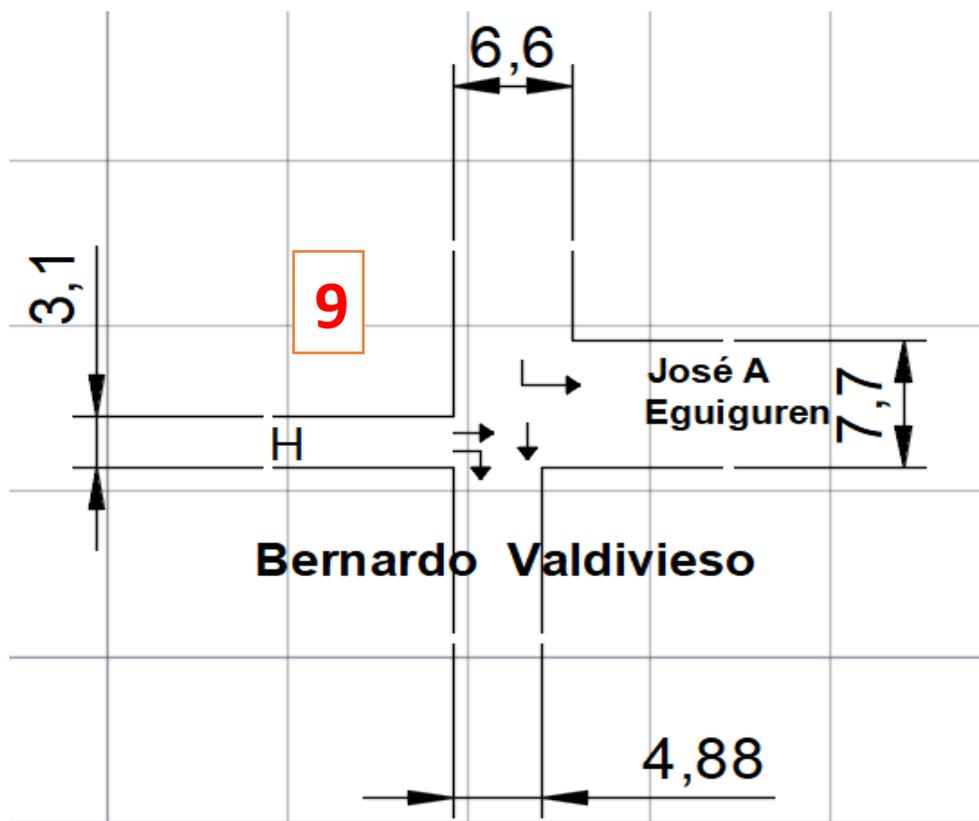


Figura 34. Movimientos de la intersección Bernardo Valdivieso y José Antonio Eguiguren

Fuente: Autores

Tabla 28. Características constructivas de la intersección 9

Características constructivas de la intersección	
Longitud S-N	90.8 m
Longitud O-E	119.9 m
Ancho del carril S-N	6.6 m
Pendiente de acceso S-N	3%
Ancho del carril O-E	3,1 m
Pendiente de acceso O-E	4%
Número de carriles	1
Zona con estacionamiento	No
Parada de bus	No
Tipo de zona	Urbana

Fuente: Autores

Tabla 29. Fase semafórica de la intersección 9

Fase	Tiempo (segundos)				Total
	Verde	Amarillo	Rojo	Rojo Total	
Norte	43	3	58	2	106
Oeste	53	3	48	2	106

Fuente: Autores

Tabla 30. Hora de mayor demanda de la intersección 9

Hora	Volumen (# de vehículos)
9:45-10:00	215
10:00-10:15	209
10:15-10:30	202
10:30-10:45	213
Total	839

Fuente: Autores

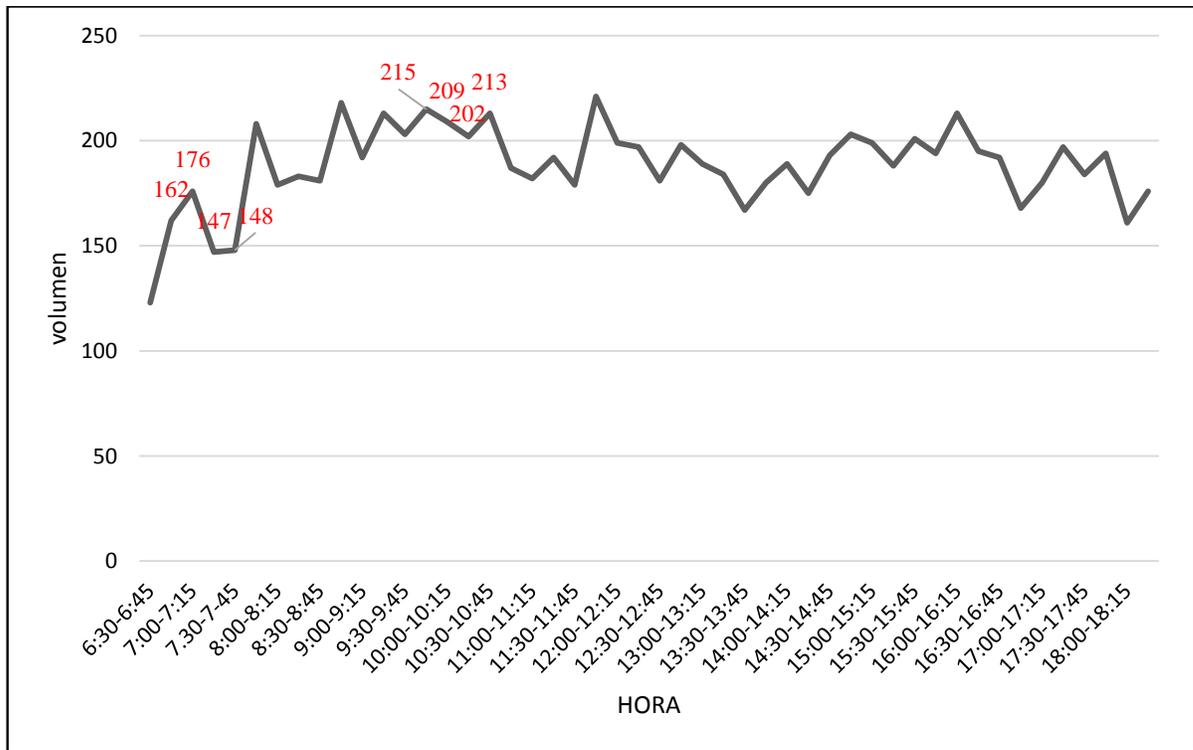


Figura 35. Volumen de tránsito de la intersección 9

Fuente: Autores

4.3. Propuestas de solución a los problemas causados por el congestionamiento vehicular

4.3.1. Sistema “Pico y placa”

En ciertas ciudades del Ecuador específicamente en Quito tuvieron la necesidad de implementar un sistema de restricción vehicular, por causa del crecimiento del parque automotor este problema fue el causante del congestionamiento vehicular sobre todo en las horas pico afectando así a todos los días de la semana. El 3 de mayo del año 2010, se implementa el sistema de restricción vehicular en la Ciudad de Quito denominado “Pico y Placa”, esta medida tuvo como objetivo regular el tránsito vehicular, impidiendo así que determinados automóviles (automotores particulares y motos) se movilen dentro de la zona específica en ciertas horas del día de acuerdo al último dígito de la placa. (Vinuesa, 2012).

En la siguiente tabla se indica la restricción vehicular del sistema “Pico y placa”, el día y los caracteres de la placa los cuales se les impide circulación. (Celi, 2016)

Tabla 31. *Horario de la restricción vehicular del sistema “Pico y placa”*

Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
1 y 2	3 y 4	5 y 6	7 y 8	9 y 0

Fuente: (Celi, 2016)

Elaborado por: Autores

La restricción se realizó en el horario de 07:00 a 09:30 y de 16:00 a 19:30, consideradas horas pico. (Admin, 2019)

Según Bladimir Ibarra Director Técnico de la Corporación de mejoramiento del aire de Quito (Corpaire) indicó que se realizaron estudios para determinar el impacto ambiental generado por la restricción vehicular “Pico y Placa”, los resultados de esta medida se publicaron en (ElComercio, 2010) de la capital:

EL 15% de los aproximadamente 80 0000 vehículos no deberán circular, este porcentaje de conductores deberán optar por otro medio de transporte para movilizarse. La restricción disminuye representativamente el consumo de combustible de 52805 litros diarios, (3,7 millones de galones al año). “Aproximadamente un auto consume nueve galones de gasolina en la semana” (ElComercio, 2010).

Según Corpaire se dejaron de emitir 37 211 toneladas de dióxido de carbono (CO₂), por la disminución de vehículos activos en circulación. Anteriormente sin la implementación del sistema “Pico y placa” se emanaron al ambiente 2 millones de toneladas de CO₂. Así mismo la medida restrictiva incrementó la velocidad media de operación en un 7%, en el pico de la mañana y en 6% en el pico de la tarde (ElComercio, 2010).

Límites de las emisiones producidas por los automóviles en Ecuador

En la actualidad en el Ecuador el INEN 2204 y 2207 establecen los límites permitidos de las emisiones producido por los automóviles, sin embargo, estas normas apenas se ajustan a lo expresado en la norma Euro 2 del año 1996 y se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 32. Norma euro de límites de emisiones para vehículos de turismo

		LÍMITES DE EMISIONES PARA TURISMO g km					
VEHÍCULOS CON MOTOR A GASOLINA	TIPO	AÑO	CO	HC+Nox	HC	Nox	PM
	EURO I	1992	2.72	0.97	-	-	-
	EURO II	1996	2.2	0.50	-	-	-
	EURO III	2000	2.30	-	0.20	0.15	-
	EURO IV	2005	1.00	-	0.10	0.08	-
	EURO V	2009	1.00	-	0.10	0.06	0.005
	EURO VI	2014	1.00	-	0.10	0.06	0.005
VEHÍCULOS CON MOTOR A DIÉSEL	EURO I	1992	2.72	0.97	-	-	0.140
	EURO II	1996	1.00	0.70	-	-	0.080
	EURO III	2000	0.64	0.56	-	0.50	0.050
	EURO IV	2005	0.50	0.30	-	0.25	0.025
	EURO V	2009	0.50	0.23	-	0.18	0.005
	EURO VI	2014	0.50	0.17	-	0.08	0.005

Fuente: (Norma euro)

Elaborado por: Autores

Tabla 33. Resumen de los límites de emisiones para automotores en Loja

	Automotor	CO (g km)	HC + NOx (g km)	HC (g km)	NOx (g km)	PM (g km)
1	Motocicletas (L)	3.5	-	200 Pm	.	-
2	Automóviles (M1) y (N1)					
2.1	A. Gasolina	2.72	0.97	0.30 (g km)	0.67	-
2.2	A. Diésel	2.72	0.97	-	-	0.14
5	Busetas (M2)	2.72	0.97	0.30 (g km)	0.67	
6	Camiones (N)	2.72	0.97	0.30 (g km)	0.67	
7	Otros	4.0		1.1 (g km)	7.0	0.15

Fuente: (INEN 2204 y 2207)

Elaborado por: Autores

Costo beneficio del sistema de restricción vehicular “Pico y placa”

El costo de la ampliación del “Pico y placa” consiste en la reducción de ingresos de la administración por el menor recaudo de la sobretasa a la gasolina. Los beneficios se calculan multiplicando el número de minutos ahorrado por persona al disminuir el volumen vehicular y por lo tanto la velocidad de desplazamiento. (Portafolio, 2009)

$$CGV = \left(\frac{\text{Salario básico unificado}}{\text{segundos laborables en un mes}} \right) * \text{demora} * V_{\text{max}} \quad \text{Ecuación (22)}$$

(Jerez, 2015)

Donde

CGV= Costo generalizado de viaje

Desventajas del sistema de restricción vehicular “Pico y placa”

- Los usuarios con el fin de evadir las restricciones adquieren nuevos vehículos lo que conlleva a una tendencia de incremento del parque automotor.
- La falsificación de placas, y otras prácticas fraudulentas vulneran este sistema.
- Incremento de unidades de taxis informales.
- Los vehículos habilitados aumentan el número de viajes
- Aumento de la adquisición de motocicletas. (EMMOP-Q, 2015)

4.3.2. Sistema “Hoy no circula”

La ciudad de Quito tuvo la necesidad de implementar una nueva medida que sustituya al sistema de restricción vehicular “Pico y placa”. Este sistema nace con el nombre “Hoy no

circula”, el 3 de septiembre del 2019 bajo la ordenanza reformativa 001 de la Ordenanza Metropolitana No. 305 Art. I. 473 (4). (COMERCIO, 2019)

La restricción vehicular “Hoy no circula” es una modificación del sistema “Pico y placa”, en donde se aumenta el intervalo de tiempo impidiendo la circulación vehicular en los horarios de: 07h00 am hasta las 18h30. Sin embargo, no sé ha realizado ningún tipo de investigación para poder comprobar los resultados exactos del impacto ambiental como social que causa esta medida.

“Hoy no circula” al igual que “Pico y placa” tiene exoneraciones en la restricción como, por ejemplo:

- Buses de servicio urbano, autos eléctricos, personas con discapacidad, transporte escolar, transporte institucional.
- Vehículos: Presidenciales, Alcaldía, Diplomáticos. Emergencia.

4.3.3. Sistema “Car pooling” (vehículo compartido)

Este sistema se basa en una plataforma digital, en la que los conductores y pasajeros pueden encontrar asientos y autos disponibles para viajes, cuya finalidad es reducir el congestionamiento vehicular y el impacto ambiental por la reducción de las emisiones de CO₂, como también permite el ahorro de tiempo.

“Car pooling” permite a varias personas viajar en un mismo vehículo a un determinado destino.

Además, brinda varios beneficios desde el punto de vista de la sustentabilidad: económica, social y ambiental. (Rodwai, 2015)



Figura 36. Plataforma digital del “Car pooling”

Fuente: (Rodwai, 2015)

Funciona a través de un dispositivo que accede a la identificación de pasajeros, que usan el vehículo y ejerce un control de las rutas recorridas.

- Los pasajeros acceden y se identifican en la web.
- La localización de los vehículos sucede en tiempo real.
- La base de datos del sistema guarda la información de los usuarios.
- Los usuarios pueden generar sus propios informes acerca del sistema.
- Control de la oficina de movilidad.



Figura 37. Funcionamiento del “Car pooling”

Ventajas en el Sistema del Auto Compartido

- Mejora de la sostenibilidad por reducción de vehículos en las vías, y la movilidad al usar plazas libres de transporte público.
- Los costos de amortización de su vehículo y de combustible disminuyen, ya que se están compartiendo con sus acompañantes.
- Mejora el tránsito vehicular, por ello se reduce el tiempo de viaje.

Desventajas en el Sistema del Auto Compartido

- Tendencia a aumentar la delincuencia, debido a que se desconocen los usos reales del sistema, es decir, no se tiene información de los viajeros, ni del vehículo y peor aún de los kilómetros recorridos.
- Incapacidad frente a imprevistos como averías del automóvil, salud del conductor e impuntualidades.
- La hora de viaje establecida no se puede modificar, ni se realizan visitas o paradas.
- Anulación del viaje sin previo aviso.

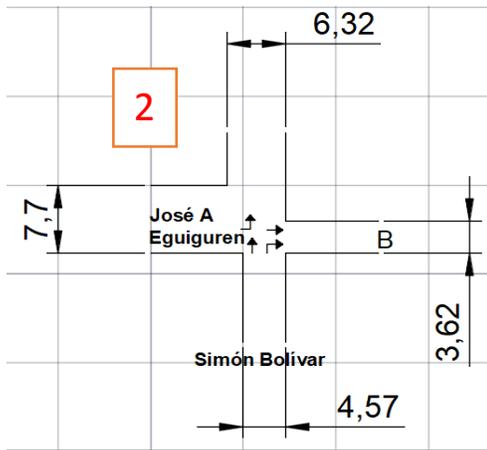
5. Resultados

5.1. Determinación del nivel de servicio de las intersecciones

Se calcula mediante los datos registrados en el programa de Excel cada una de las intersecciones con mayor problema de circulación vehicular, y conocer mediante los cálculos el nivel de servicio existente en cada intersección de estudio que pueden ser (A, B, C, D, E, F).

Se determinó el nivel de servicio en la intersección Simón Bolívar y José Antonio Eguiguren (Intersección 2) como ejemplo, dado que a todas las intersecciones se aplica el mismo procedimiento.

Primero se consideró los parámetros geométricos para el módulo de entrada, detallados en el apartado anterior, tomando como ejemplo a la segunda intersección.



Características Constructivas de la intersección	
Longitud N-S	120 m
Longitud E-O	88.7 m
Ancho del Carril N-S	4,57 m
Pendiente de Acceso N-S	2%
Ancho del Carril E-O	7.7 m
Pendiente de Acceso E-O	2%
Número de carriles	1
Zona con estacionamiento	Si
Parada de Bus	No

Figura 38. Parámetros geométricos de la intersección 2 (Simón Bolívar y José Antonio Eguiguren)

Fuente: Autores

Los tiempos de la fase semafórica en la intersección Simón Bolívar y José Antonio Eguiguren se detallan a continuación.

Tabla 34. Tiempos semafóricos de la intersección 2

Calle principal: **Simón Bolívar (N-S)**



Calle secundaria: **José Antonio Eguiguren (E-O)**



Fuente: Autores

Para determinar la hora de máxima demanda se analiza la figura 39 y la tabla 35 del volumen de la intersección 2, esto con el fin de conocer la hora en que se da el pico más alto (volumen máximo) marcado en la siguiente figura con un círculo rojo.

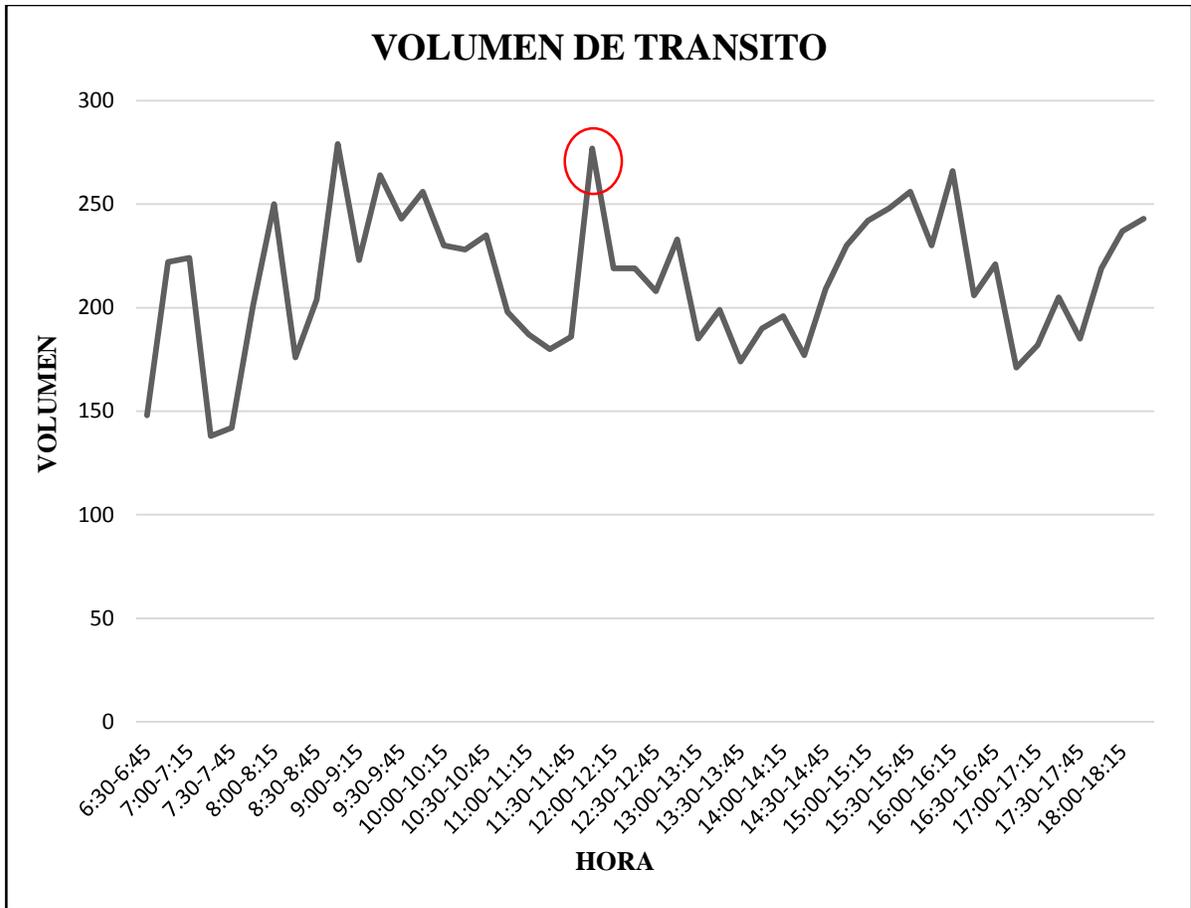


Figura 39. Pico máximo resultante del volumen de la intersección 2

Fuente: Autores

Tabla 35 Volumen máximo de la segunda intersección y clasificación WB (acceso este) y SW (acceso norte).

Hora	Volumen (# de vehículos)	WB		SB	
		LT	TH	RT	TH
12:00-12:15	219	47	43	43	86
12:15-12:30	219	59	50	31	79
12:30-12:45	208	49	44	26	89
12:45-13:00	233	52	57	36	88
Total	879	207	194	136	342

Fuente: (BOARD, 2000)

Elaborado por: Autores

La figura 40, permite visualizar el volumen máximo de la intersección de estudio, considerando el WB y SB, siendo el acceso norte (SB) la que posee mayor número de vehículos.

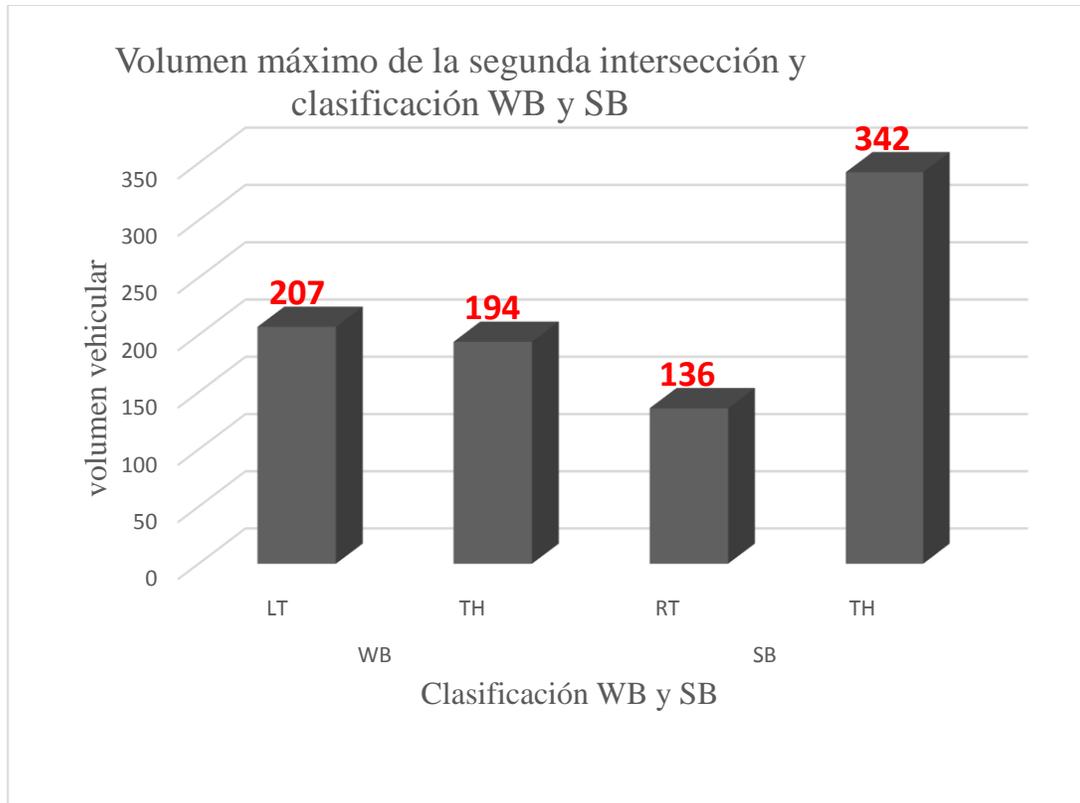


Figura 40. Clasificación WB y SW

Fuente: Autores

5.1.1. Determinación de tasa de flujo de saturación

Primero se realiza un ajuste de volúmenes, utilizando los datos de la tabla 35, correspondientes a los movimientos que se realizan en la intersección; luego se procede a calcular el factor horario de máxima demanda (FHMD ecuación 6) Tabla 36.

$$FHMD = \frac{V}{4 \times V_{15}}$$

$$FHMD = \frac{207}{4 \times 59}$$

$$\text{FHMD}=0.877118644$$

Con el módulo de ajuste de volúmenes, se transforma el volumen horario (V) de la intersección, en tasa de flujo (Vp), utilizando el FHMD como se indica a continuación.

$$V_p = \frac{V}{(\text{FHMD})(f_{HV})(N)(f_p)}$$

$f_{HV} = 1$; la circulación de vehículos pesados es despreciable

$N = 1$; tiene un solo carril

$f_p = 0.9$; sin etacionamiento

$$V_p = \frac{207}{(0.8711)(1)(1)(0.9)}$$

$$V_p = 262.22 \text{ veh/h}$$

Tabla 36 Módulo de ajuste de volúmenes

Módulo de Ajuste de Volúmenes						
Accesos	Este			Norte		
Sentido del flujo vehicular	WB			SB		
Movimientos	LT	TH	R	L	TH	RT
			T	T		
Volúmenes (veh/h)	207	194	-	-	342	136
FHMD	0.877118644	0.85087719	-	-	0.96067416	0.79069767
Flujo Ajustado: Vp (veh/h)	262.2222222	253.333333	-	-	396	191.111111
Grupo de carriles	L	T	-	-	R	T
Número de carriles: N	1	1	-	-	1	1
Flujo del grupo: Vi (veh/h)	262.2222222	253.333333	-	-	396	191.111111
Prop. De vueltas PLT o PRT	1	0	-	-	0	1

Fuente: (Cal y Mayor, 2007)

Elaborado por: Autores

5.1.2. Módulo del flujo de saturación

Este módulo del flujo de saturación se calcula bajo condiciones establecidas para cada uno de los carriles, que forman la intersección con un flujo de saturación base (S_o).

$$S_i = S_o(N)(f_w)(f_{HV})(f_g)(f_p)(f_{bb})(f_a)(f_{LU})(f_{LT})(f_{RT})(f_{Lpb})(f_{Rpb})$$

$$S_i = 879(1)(1.3)(1)(2)(1)(1)(0.9)(1)(0.95)(1)(1)$$

$$S_i = 1093.91 \text{ veh/h verde}$$

En la tabla 37, se calcula los flujos de saturación en vehículos por hora de luz verde, para cada carril.

Tabla 37. Módulo de flujo de saturación

Módulo del flujo de saturación				
Accesos	Este		Norte	
Sentido del flujo vehicular	WB		SB	
Grupo de carriles	L	T	R	T
Número de carriles: N	1	1	1	1
Flujo de saturación base: S_o (autos/h verde/carril)	879	879	879	879
Factor de ajuste por ancho de carriles: f_w	1.455555556	1.10777778	1.10777778	1.45555556
Factor de ajuste por vehículos pesados: f_{HV}	1	1	1	1
Factor de ajuste por pendiente del acceso: f_g	1	1	1	1
Factor de ajuste por estacionamiento: f_p	1	1	1	1
Factor de ajuste por bloqueo de buses: f_{bb}	1	1	1	1
Factor de ajuste por tipo de área: f_a	0.9	0.9	0.9	0.9
Factor de ajuste por utilización de carriles: f_{LU}	1	1	1	1
Factor de ajuste por vueltas a la izquierda: f_{LT}	0.95	1	0.95	1
Factor de ajuste izquierdo peatones y ciclistas: f_{Lpb}	1	1	1	1
Factor de ajuste derecho peatones y ciclistas: f_{Rpb}	1	1	1	1
Factor de saturación ajustado: s_i (veh/h verde)	1093.9155	876.363	832.54485	1151.49

Fuente: (Cal y Mayor, 2007)

Elaborado por: Autores

5.1.3. Determinación de la capacidad y la relación volumen capacidad

En el siguiente módulo, se calcula para cada grupo de carril la capacidad c_i y la relación volumen-capacidad (v/c) i , estudiadas en el apartado anterior, ecuación 11.

$$c_i = S_i \left(\frac{g_i}{C} \right)$$

Donde

$g_i = 40$; es el tiempo del semáforo en verde retándole 1

$C = 105$; capacidad

$$c_i = 1093.91 \left(\frac{40}{106} \right)$$

$$c_i = 412.798 \text{ veh/hora}$$

$$\mathbf{c_i = 412 \text{ veh/h}}$$

Luego se calcula X_i , que es la Relación volumen-capacidad, donde el flujo de grupo v_i es el dato obtenido en la tabla 36.

$$X_i = \frac{v_i}{c_i}$$

$$X_i = \frac{266.22}{412.798}$$

$$\mathbf{X_i = 0.635231}$$

Tabla 38. Módulo de análisis de capacidad

Módulo de análisis de capacidad				
Accesos	Este		Norte	
Sentido del flujo vehicular	WB		SB	
Grupo de carriles	L	T	R	T
Número de la fase: ϕ_i	ϕ_2	ϕ_2	ϕ_1	ϕ_1
Tipo de fase: P=prefijada, A=accionada	P	P	P	P
Tasa de flujo ajustado del grupo: v_i (veh/h)	262.222222	253.333333	191.111111	396
Flujo de saturación ajustado: s_i (veh/h verde)	1093.9155	876.363	832.54485	1151.49
Tiempo verde efectivo: g_i	40	40	54	54
Relación de verde: g_i/C	0.377358491	0.37735849	0.50943396	0.50943396
Capacidad del grupo de carriles: c_i (veh/h)	412.7983019	330.703019	424.126622	586.608113
Relación volumen a capacidad: $X_i=v_i/c_i$	0.635230865	0.76604482	0.45059919	0.67430973
Relación de flujo: v_i/s_i	0.23970976	0.28907352	0.22955053	0.34351628
Grupo de carriles crítico por fase				

Fuente: (Cal y Mayor, 2007)

Elaborado por: Autores

5.1.4. Determinación de las demoras en la intersección 2

Las demoras se calculan para cada grupo de carriles, para los accesos y para toda la intersección, con el uso de las fórmulas estudiadas en apartado anterior:

$$d_1 = \frac{0,5C \left(1 - \frac{g_i}{C}\right)^2}{1 - \left[\min(1, X_i) \frac{g_i}{C}\right]}$$

$$d_1 = \frac{0,5(106)(1 - 0.377358)^2}{1 - [(0.635231)(0.377358)]}$$

$$d_1 = 20.30746 \text{ s/veh}$$

La demora incremental se la determina de la siguiente manera, para un grado de saturación del 50%, se encuentra que $l=0.858$ (véase Anexo 10) y para una intersección prefijada $k=0.5$.

$$d_2 = 900T \left[(X_i - 1) + \sqrt{(X_i - 1)^2 + \frac{8kLX_i}{C_iT}} \right]$$

$$d_2 = 900(0.25) \left[(0.635231 - 1) + \sqrt{(0.635231 - 1)^2 + \frac{8(0.5)(0.858)(0.635231)}{(412.798)(0.25)}} \right]$$

$$d_2 = 6.275402 \text{ s/veh}$$

Se supone que no hay presencia de cola inicial, por tanto $d_3=0$

También se considera un factor de coordinación PF de 1.00

$$d_T = d_1(PF) + d_2 + d_3$$

$$d_T = 20.30746(1.00) + 6.275402 + 0$$

$$d_T = 26.58286 \text{ s/veh}$$

Tabla 39. Módulo del nivel de servicio

Módulo del nivel de servicio				
Accesos	Este		Norte	
Sentido del flujo vehicular	WB		SB	
Grupo de carriles	L	T	R	T
Demora uniforme: d1 (s/veh)	20.30746005	20.2580963	12.5251665	12.4112007
Demora incremental: d2 (s/veh)	6.275402388	13.5478589	2.95128885	5.26195701
Demora por cola inicial: d3(s/veh)	0	0	0	0
Demora media por control del grupo de carriles	26.58286244	33.8059552	15.4764553	17.6731577

Fuente: (Cal y Mayor, 2007)

Elaborado por: Autores

5.1.5. Determinación de la Demora y Niveles de Servicio (L.O.S)

Finalmente, para conocer el nivel de servicio total de la intersección, se procede a calcular la demora producida en toda la intersección:

Cálculo de demora para el acceso Este

Para el cálculo por acceso se aplica la siguiente ecuación:

$$d_N = \frac{\sum_{i=1}^2 (d_i v_i)}{\sum_{i=1}^2 v_i}$$
$$d_N = \frac{26.58286244(262.22222) + 33.80596 (253.33333)}{262.22222 + 253.33333}$$
$$d_N = 30.13214 \text{ s/veh}$$

Por último, se realiza el cálculo total de la demora en la intersección utilizando la fórmula:

$$d_I = \frac{\sum_{A=1}^4 (d_A v_A)}{\sum_{A=1}^4 v_A}$$
$$d_I = \frac{30.13214 (262.222 + 253.333) + 16.95756 (191.111 + 396)}{(262.222 + 253.33) + (191.111 + 396)}$$
$$d_I = 23.11986 \text{ s/veh}$$

Luego del cálculo de la demora en toda la intersección, se procede a determinar el nivel de servicio que corresponde a la intersección según la tabla 40.

Tabla 40 Niveles de servicio

Nivel de servicio	Demora por vehículo (s/veh)
A	<10
B	>10-20
C	>20-35
D	>35-55

E	>55-80
F	>80

Fuente: (BOARD, 2000)

Tabla 41 *Módulo del nivel de servicio*

Módulo del nivel de servicio				
Accesos	Este			Norte
Sentido del flujo vehicular	WB			SB
Grupo de carriles	L	T	R	T
Tasa de flujo ajustado del grupo: v_i (veh/h)	262.2222222	253.3333333	191.1111111	396
Relación de verde: g_i/C	0.377358491	0.37735849	0.50943396	0.50943396
Capacidad del grupo de carriles: c_i (veh/h)	412.7983019	330.703019	424.126622	586.608113
Relación volumen a capacidad: $X_i=v_i/c_i$	0.635230865	0.76604482	0.45059919	0.67430973
Demora uniforme: d_1 (s/veh)	20.30746005	20.2580963	12.5251665	12.4112007
Demora incremental: d_2 (s/veh)	6.275402388	13.5478589	2.95128885	5.26195701
Demora por cola inicial: d_3 (s/veh)	0	0	0	0
Demora media por control del grupo de carriles	26.58286244	33.8059552	15.4764553	17.6731577
Demora por acceso: d_A (s/veh)	30.13214078			16.95756526
Nivel de servicio por acceso	C			B
Demora en toda la intersección: d_i (s/veh)	23.11986671			
Nivel de servicio global por intersección	C			

Fuente: (Cal y Mayor, 2007)

Elaborado por: Autores

En la tabla 42, se estima el nivel de servicio real obtenido en la intersección 2, con la longitud N-S de 120 m en la calle Simón Bolívar y una longitud E-O de 88.7 m en la calle José Antonio Eguiguren, obteniendo un nivel de servicio de 31.8 segundos.

Tabla 42. Módulo del nivel real de servicio

Módulo del nivel de servicio				
Accesos	Este			Norte
Sentido del flujo vehicular	WB			SB
Grupo de carriles	L	T	R	T
Tasa de flujo ajustado del grupo: v_i(veh/h)	262.222222	253.333333	191.111111	396
Relación de verde: g_i/C	0.37735849	0.37735849	0.50943396	0.50943396
Capacidad del grupo de carriles: c_i(veh/h)	412.798302	330.703019	424.126622	586.6081132
Relación volumen a capacidad: $X_i=v_i/c_i$	0.63523086	0.76604482	0.45059919	0.674309725
Demora uniforme: d_1 (s/veh)	20.3074601	20.2580963	12.5251665	12.41120071
Demora incremental: d_2 (s/veh)	6.27540239	13.5478589	2.95128885	5.261957006
Demora por cola inicial: d_3(s/veh)	0	0	0	0
Demora media por control del grupo de carriles	26.5828624	33.8059552	15.4764553	30.01601486
Demora por acceso: d_A (s/veh)	39.25556935		25.27964318	
Nivel de servicio por acceso	D		C	
Demora en toda la intersección: d_i (s/veh)	31.81676994			
Nivel de servicio global por intersección	C			

Fuente: (Cal y Mayor, 2007)

Elaborado por: Autores

El valor obtenido en la intersección 2 es de 31.8 seg, que según la tabla 40, se encuentra en el rango del nivel C.

Los cálculos anteriores permiten obtener el flujo de saturación, la capacidad de la vía, la relación volumen capacidad, las demoras de las intersecciones y los niveles de servicio en la segunda intersección.

Análisis de las intersecciones de estudio

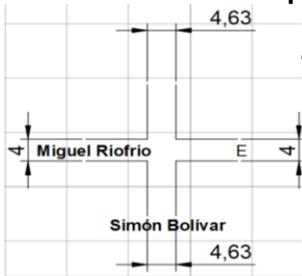
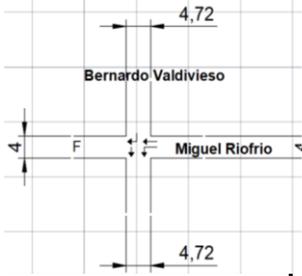
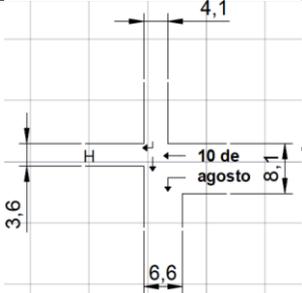
La tabla 43, describe en la primera columna el nombre de las intersecciones, en la segunda columna se encuentra el esquema de cada intersección, en la tercera columna el TPDA, luego el tipo de movimiento, demora promedio por vehículo–carril, demora total (s/veh) y finalmente el nivel de servicio (L.O.S.)

Es decir, la tabla 43 muestra en resumen los valores finales de las Demoras y Niveles de servicio.

Tabla 43 Resumen de demoras y nivel de servicios

				GENERAL			
Intersección	Figura	TPDA	Tipo de Movimiento	Demora Promedio por Vehículo-Carril	L.O.S	Demora Total (seg/veh)	L.O.S
1 Simón Bolívar y Colón		4677	1_2	49	D	45	D
			A_2				
		4520	1_10	41	D		
			P1_10				
2 Simón Bolívar y José Antonio Eguiguren		4854	2_3	39	D	31	C
			9_3				
		5387	9_B	25	C		
			2_B				

3 Simón Bolívar y 10 de agosto		4812	3_4	38	C	38	D
			8_4				
4 Simón Bolívar y Vicente Rocafuerte		4669	4_5	49	D	41	D
			7_5				
		3325	7_D	23	C		
			4_D				
			5_P1	38	D		

5 Simón Bolívar y Miguel Riofrío		4809	E_P 1			41	D
		3441	E_6 5_68	42	D		
6 Bernardo Valdivieso y Miguel Riofrío		4638	P2_7	42	D	41	D
		3382	6_7 P2_F	40	D		
			6_F				
7 Bernardo Valdivieso y Vicente Rocafuerte		4434	7_8 G_8	43	D	41	D
		3505	7_4 G_4	38	D		
		4742	8_9 3_9	24	C		

8 Bernardo Valdivieso y 10 de agosto		2724	3_H	40	D	32	C
			8_H				
9 Bernardo Valdivieso y José Antonio Eguiguren		3505	9_P2	27	C	41	D
			I_P2				
		5525	8_2	50	D		
			I_2				

Fuente: Sebastián Cantos

Elaborado por: Autores

5.2. Análisis de las demoras de las intersecciones de estudio

Como se puede observar en la figura 41, las intersecciones de estudio tienen un rango de demora entre 31 y 45 s/veh, que de acuerdo con la tabla 40, tiene un nivel de servicio “C” y “D”, en el caso de las intersecciones (2 y 8) tiene una circulación del tránsito regular, pero algunos ciclos empiezan a malograrse. Excepto las intersecciones (1,3,4,5,6,7,9) que corresponde a un nivel de servicio D, donde ya existe mala circulación, varios vehículos se detienen y se hacen más notables los ciclos malogrados.

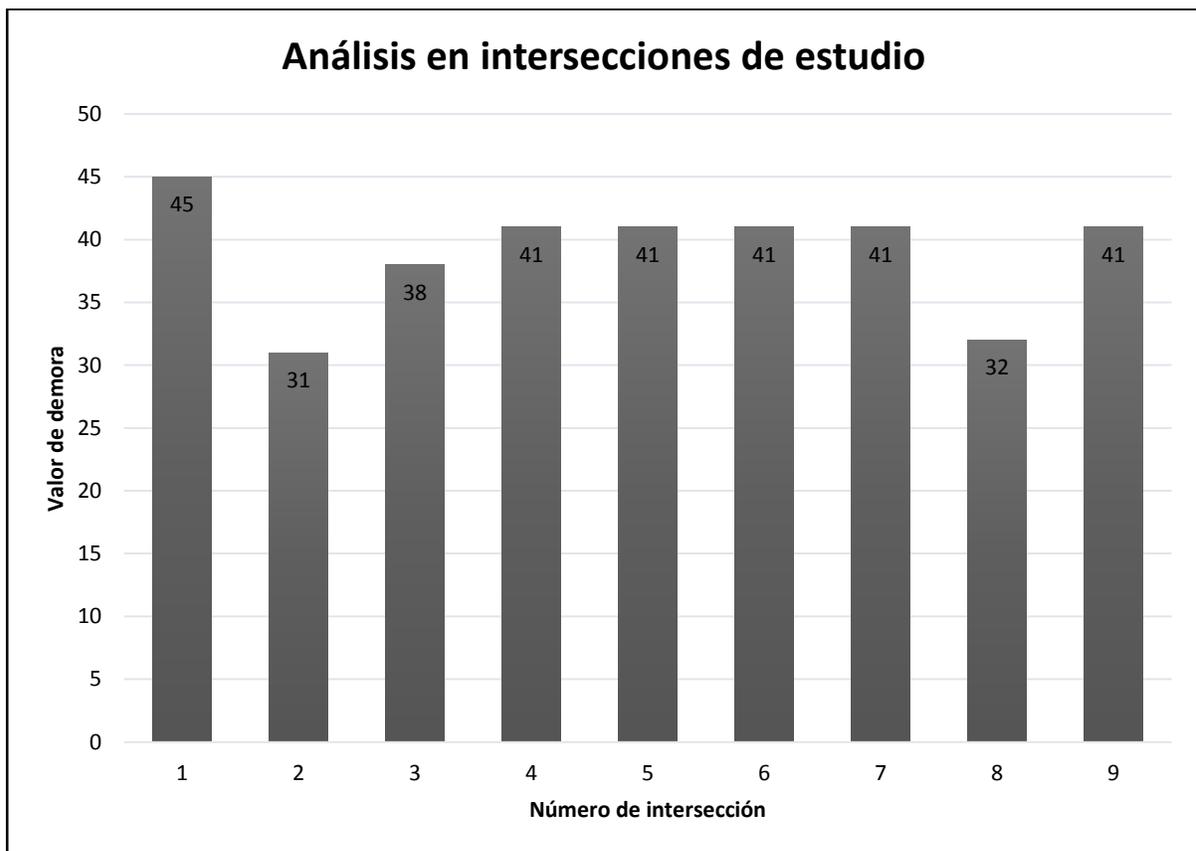


Figura 41. Análisis de las demoras de las intersecciones de estudio

Fuente: Autores

Determinación del TPDA

Los resultados y detalles del tránsito promedio diario anual en las intersecciones de análisis, se evidencian en los anexos del 1 al 9.

Los valores del tránsito promedio diario anual (TPDA) en las intersecciones analizadas, se muestran en la siguiente tabla y figura; siendo la más transitada la intersección 2 (Simón Bolívar y José Antonio Eguiguren) con un valor de 10241 vehículos y la menos transitada la intersección 3 (Simón Bolívar y 10 de agosto), debido a que la circulación solo puede ser en sentido nort-sur, y en el caso oeste-este existe una combinación entre vía de libre acceso para vehículos y peatonal. (Véase en la figura 22)

Tabla 44. *Resultados del TPDA de las intersecciones de estudio*

	INTERSECCIÓN	TPDA
1	Simón Bolívar y Colón	9197
2	Simón Bolívar y José Antonio Eguiguren	10241
3	Simón Bolívar y 10 de agosto	4094
4	Simón Bolívar y Vicente Rocafuerte	7994
5	Simón Bolívar y Miguel Riofrío	8250
6	Bernardo Valdivieso y Miguel Riofrío	8020
7	Bernardo Valdivieso y Rocafuerte	7939
8	Bernardo Valdivieso y 10 de agosto	7466
9	Bernardo Valdivieso y José Antonio E	9030

Fuente: Autores

Elaborado por: Autores

En la figura 42, se muestra los resultados del tránsito promedio diario anual (TPDA), en las intersecciones de análisis.

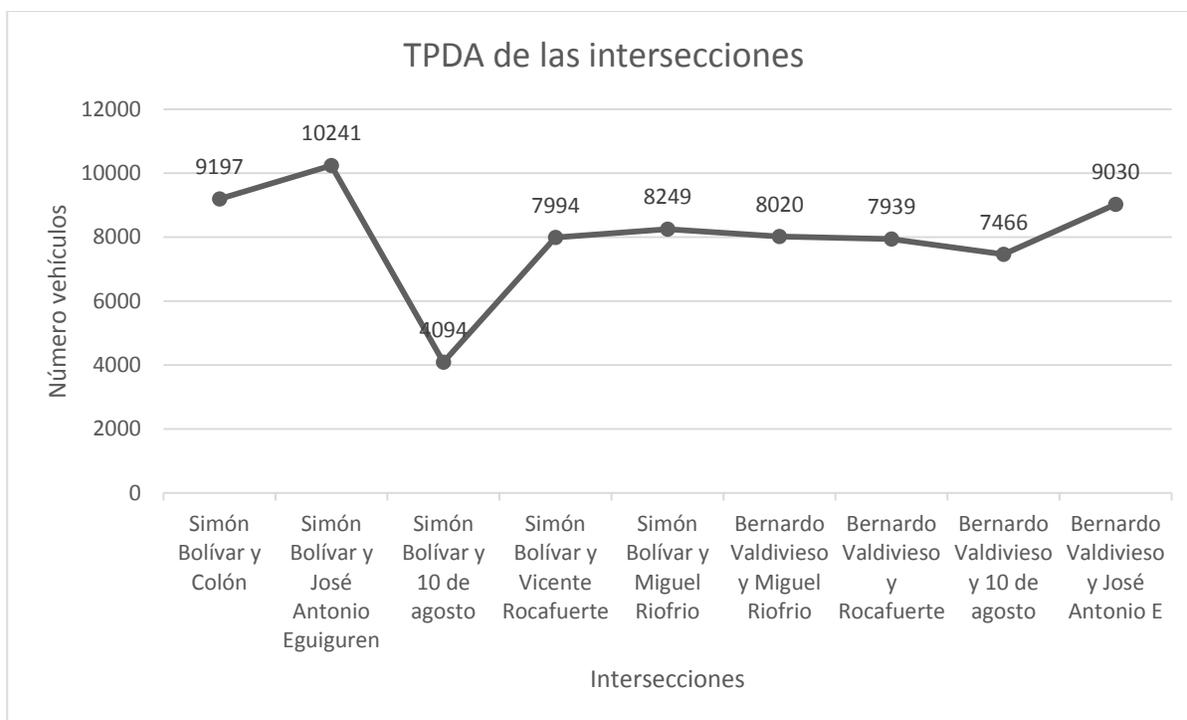


Figura 42. TPDA en las intersecciones

Fuente: Autores

Horario de máxima demanda de las intersecciones

En la tabla 45, se resume el horario de máxima demanda en las intersecciones de estudio, datos que serán considerados en el análisis, para las propuestas de solución.

Tabla 45. Resumen del horario de máxima demanda de las intersecciones de estudio

	INTERSECCIONES	HORA	VOLUMEN VEHICULAR
1	Calles Simón Bolívar y Colón	08:30 - 09:30	830
2	Calles Simón Bolívar y José Antonio Eguiguren	12:00 - 13:00	879
3	Calles Simón Bolívar y 10 de agosto	13:30 - 14:30	422
4	Calles Simón Bolívar y Vicente Rocafuerte	08:30 - 09:30	798
5	Calles Simón Bolívar y Miguel Riofrío	17:30 - 18:30	745

6	Calles Bernardo Valdivieso y Miguel Riofrío	14:30 - 15:30	762
7	Calles Bernardo Valdivieso y Rocafuerte	09:30 - 10:30	717
8	Calles Bernardo Valdivieso y 10 de agosto	10:30 - 11:30	755
9	Calles Bernardo Valdivieso y José Eguiguren	12:00 - 13:00	879

Fuente: Autores

Elaborado por: Autores

En la tabla 45, se visualiza que la ciudad de Loja no tiene un patrón de movimiento vehicular definido, debido a las múltiples variaciones de los volúmenes en los periodos de tiempo.

5.3. Análisis de efectividad del sistema “Pico y placa”

Se analizó la efectividad del sistema “Pico y placa” mediante estadística, restringiendo la circulación vehicular del parque automotor en un 20% en ciertas horas del día (07:00 a 09:30 y de 16:00 a 18:30) con el fin de reducir el flujo vehicular, se utilizó la segunda intersección (Simón Bolívar y José Antonio Eguiguren) como ejemplo para analizar, dado que a todas las intersecciones se aplica el mismo procedimiento, se consideró las especificaciones de la tabla 31 para el desarrollo.

La figura 43, muestra el comportamiento vehicular de la intersección 2 y se especifica el horario de esta restricción vehicular. Se observa que uno de los dos volúmenes vehiculares máximos se encuentra fuera del rango (9.5 a 16) de la restricción de esta medida.

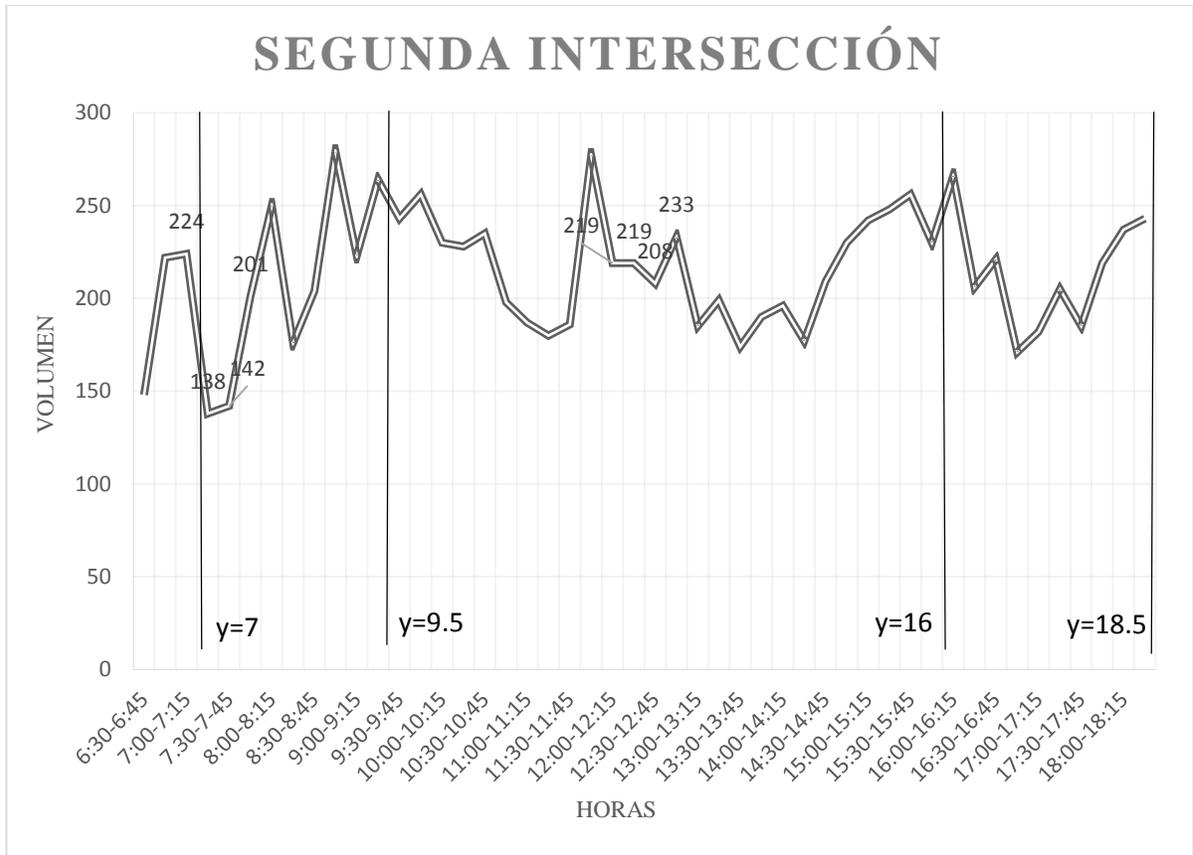


Figura 43.. Comparación vehicular y especificación del pico y placa

Fuente: Autores

En condiciones normales se movilizan 10241 vehículos en esta intersección, aplicando la restricción vehicular “Pico y placa” disminuye a 9394 vehículos restringiendo a 847 automotores, pero solamente en el horario de aplicación del sistema.

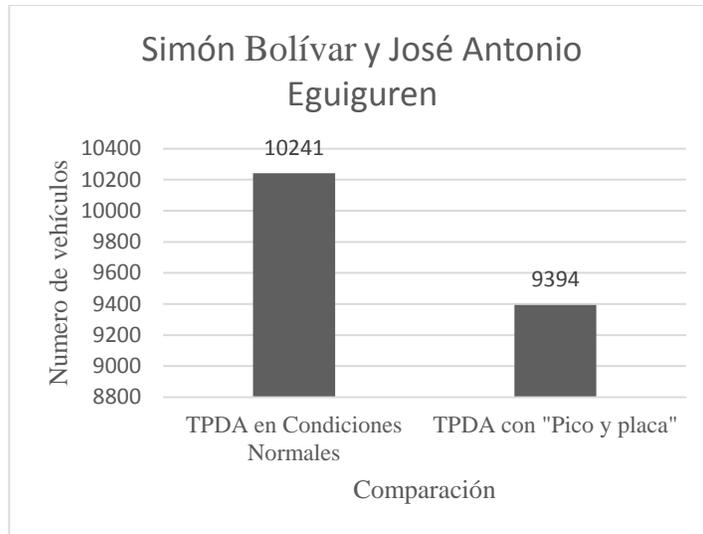


Figura 44. Comparación el TPDA en condiciones normales y con pico y placa

Fuente: Autores

Análisis de la reducción del tiempo de demora al aplicar el sistema “Pico y placa”

Se determinaron los niveles de servicio de las intersecciones de estudio obteniéndose los niveles “C” y “D” en la mayoría, para el análisis de eficiencia del sistema se sigue tomado en cuenta a la segunda intersección en la que inicialmente existe un tiempo de demora de 31 segundos y al aplicar la restricción la demora disminuye a 28 segundos, lo que representa un ahorro de 3 segundos, es decir una reducción del 10% durante los periodos de tiempo de 07:00 a 09:30 y de 16:00 a 18:30.

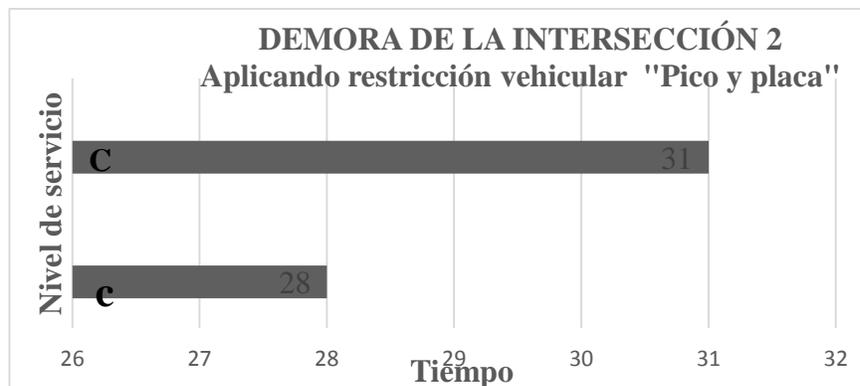


Figura 45. Demora aplicada el sistema de pico y placa

Fuente: Autores

Impacto ambiental por la aplicación de la restricción vehicular “Pico y placa”

La emisión de gases producidos por los automotores es directamente proporcional a la cantidad de vehículos que se movilizan, considerando límites máximos indicados por el INEN (2204 y 2207) y la reducción de la circulación vehicular en un 20% en las horas pico de los días laborables se tiene la siguiente tabla.

Tabla 46 Contaminación ambiental en de la segunda intersección

		Contaminación ambiental en la segunda intersección					
VEHÍCULOS CON MOTOR A GASOLINA	TIPO	# vehículos	CO (g km)	HC + Nox (g km)	HC Pm	NOx (g km)	PM (g km)
	Motocicletas	45	3,5		200		-
	Automóviles	578	2.72	0.97	430	0.67	-
	Busetas						-
	Camiones						-
	Otros						-
GASOLINA		623	62.2	9.7	6300	6.7	-
VEHÍCULOS CON MOTOR A DIÉSEL					HC(g km)		
	Automóviles	198	2.72	0.97	0.30	0.67	0.14
	Busetas	10	2.72	0.97	0.30	0.67	0.14
	Camiones	8	2.72	0.97	0.30	0.67	0.14
	Otros						
	DIÉSEL		216	81.6	29.1	9	20.1
TOTAL: GASOLINA Y DIÉSEL		839	143 (g km)	38.9 (g km)	63300 pm + 9 (g km)	26.8	4.2

Fuente: Autores

En la segunda intersección, en el horario máximo se produce una contaminación de:

- ❖ En **839 vehículos:** 143 (g km) de CO, 38.9 (g km) de HC + NOx, 2000pm HC.

Con la restricción vehicular “Pico y placa” disminuye las emisiones contaminantes en 20% en las horas pico.

❖ En **671 vehículos**: 115 (g km) de CO, 31.12 (g km) de HC + NOx, 3.36 (g km) PM.

Es decir, se reduce aproximadamente el 8% de la contaminación total de un día normal de circulación.

Costo beneficio del sistema de restricción vehicular “Pico y placa”

Según la (Cronica, 2015), analizando el costo beneficio (CGV) de este sistema de restricción vehicular se tiene que: el sueldo básico unificado en el Ecuador es 400\$, considerando que se movilizan en condiciones normales (sin ahorro de tiempo), un aproximado de 40000 vehículos en promedio por día se tiene:

Sin restricción vehicular

$$CGV = \left(\frac{18\$}{28800seg} \right) * 31 seg * 40000 veh$$

$$CGV = 775 \text{ dólares en un día}$$

- Por mes: $775 \text{ dólares en un día} * 22 = 17050$
- Por año: $204\ 600 \text{ dólares}$

Con el sistema “Pico y placa”

$$CGV = \left(\frac{18\$}{28800 seg} \right) * 28 seg * 36800 veh$$

$$CGV = 644 \text{ dólares en un día}$$

- Por mes: $644 \text{ dólares en un día} * 22 = 14168$
- Por año: $14168 * 12 = 170\ 016 \text{ dólares}$

Aplicando el sistema “Pico y placa” se ahorra un aproximado de \$34 584 al año, para este análisis se descartó el consumo innecesario de combustible mientras el automóvil permanece estático.

Limitaciones del sistema “Pico y placa”

Loja no tiene un patrón de movimiento vehicular definido. La graficas del apartado 5.2.2.1. muestra picos altos y valles en diferentes tiempos, sin tener un horario en común donde exista el congestionamiento vehicular máximo.

En la figura 46, se indica los tiempos donde se generan los volúmenes vehiculares máximos y se observa que los puntos conflictivos se encuentran fuera del horario de la restricción vehicular “Pico y placa”, siendo el más conflictivo a las 12:30 pm.

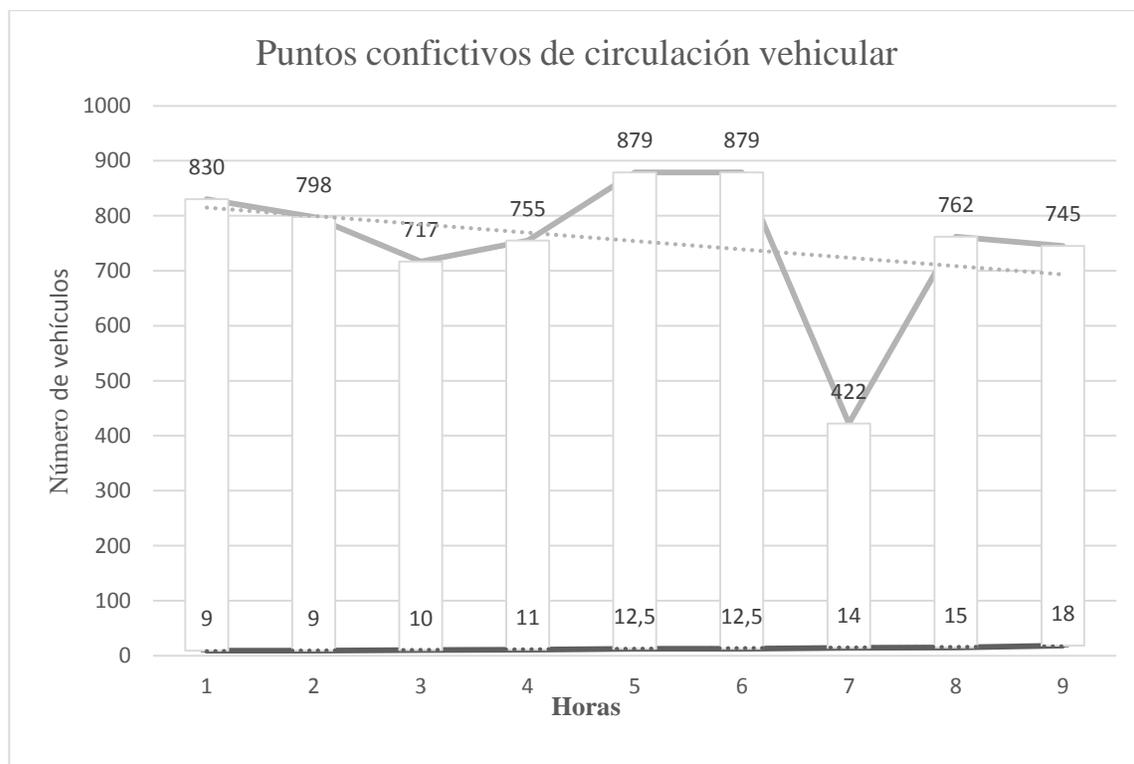


Figura 46. Puntos conflictivos de la circulación vehicular

Fuente: Autores

Por lo tanto, esta medida no es aplicable, pues solamente reduce la circulación vehicular en un 8.63% del total de vehículos que circulan por esta intersección, durante el horario establecido para este sistema y el problema se registra mayormente fuera de este horario.

5.4. Análisis de factibilidad del sistema “Hoy no circula”

Se analizó la efectividad del sistema de restricción vehicular “Hoy no circula” mediante estadística, restringiendo la circulación del parque automotor en un 20% en el horario de 06:30 a 18:30 horas en las intersecciones de estudio, mediante la prueba de campo se conoció que en la intersección 2 (Simón Bolívar y José Antonio Eguiguren) se movilizan 10241 vehículos y si se aplicara esta restricción disminuiría a 8192 vehículos reduciendo 2049 unidades.

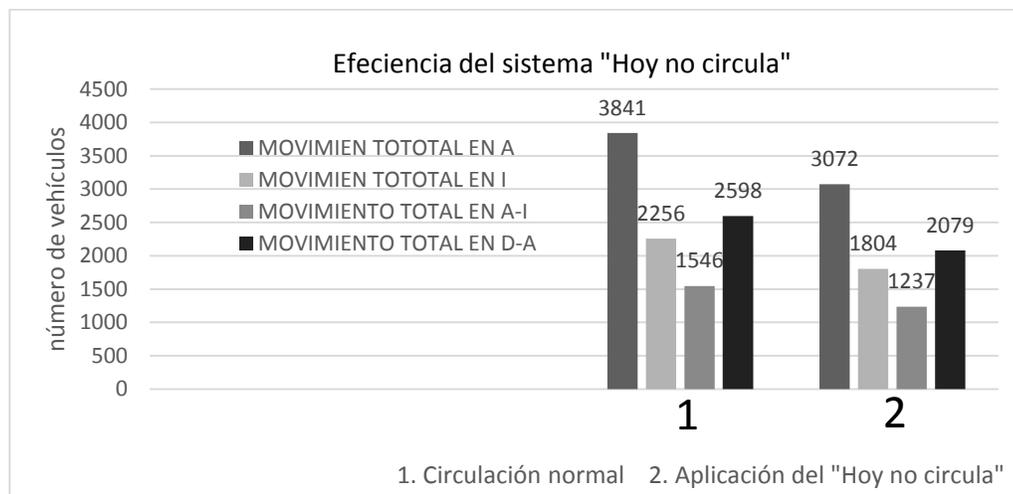


Figura 47. Hoy no circula

Fuente: Autores

En la figura 48, se indica la disminución del tránsito vehicular de la segunda intersección, considerando los dos tipos de movimientos y el periodo de tiempo donde se da el volumen máximo vehicular. En circulación normal se movilizan 879 vehículos en un intervalo de tiempo de 15 min y aplicando la restricción vehicular “Hoy no circula” disminuye a 703 vehículos, existe una reducción de 176 vehículos.

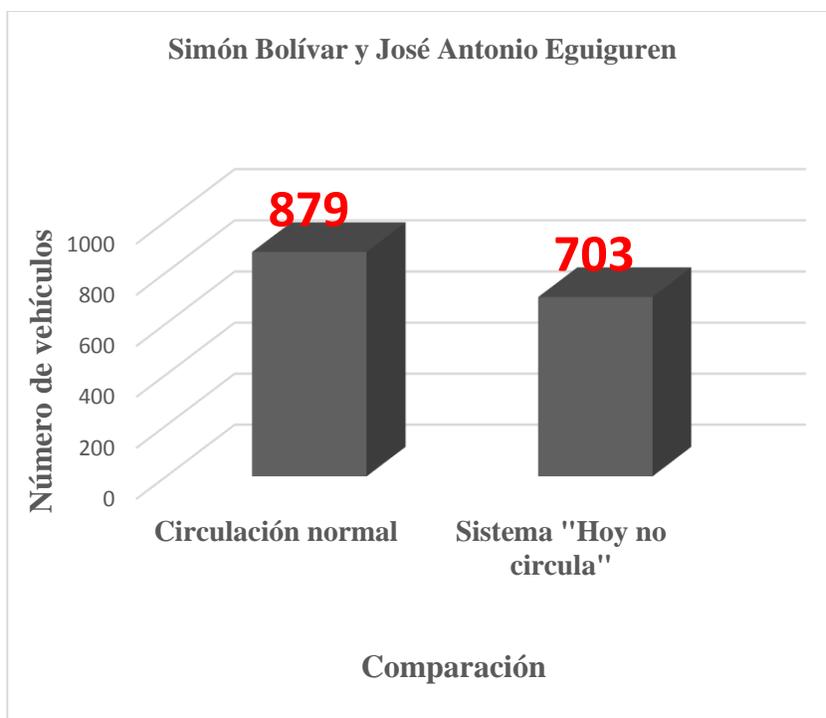


Figura 48. Comparación entre la circulación normal y la restricción “Hoy no circula”

Fuente: Autores

En la tabla 47, se resume de manera numérica la eficiencia de la restricción vehicular “Hoy no circula” frente a la circulación normal.

Tabla 47 Comparación entre la circulación normal y el sistema "Hoy no circula"

INTERSECCIONES	CIRCULACIÓN NORMAL	CON SISTEMA HOY NO CIRCULA"
1 Calles Simón Bolívar y Colon	9197	7357
2 Calles Simón Bolívar y José Antonio Eguiguren	10241	8192
3 Calles Simón Bolívar y 10 de agosto	5512	4409
4 Calles Simón Bolívar y Vicente Rocafuerte	7994	6395
5 Calles Simón Bolívar y Miguel Riofrio	8249	6599
6 Calles Bernardo Valdivieso y Miguel Riofrio	8020	6416
7 Calles Bernardo Valdivieso y Rocafuerte	7939	6352

8	Calles Bernardo Valdivieso y 10 de agosto	7466	5972
9	Calles Bernardo Valdivieso y José Eguiguren	9030	7224

Fuente: Autores

A continuación, se muestra gráficamente la reducción vehicular al aplicar la restricción “Hoy no circula” en las intersecciones de análisis.

Aplicación de la restricción vehicular “Hoy no circula”

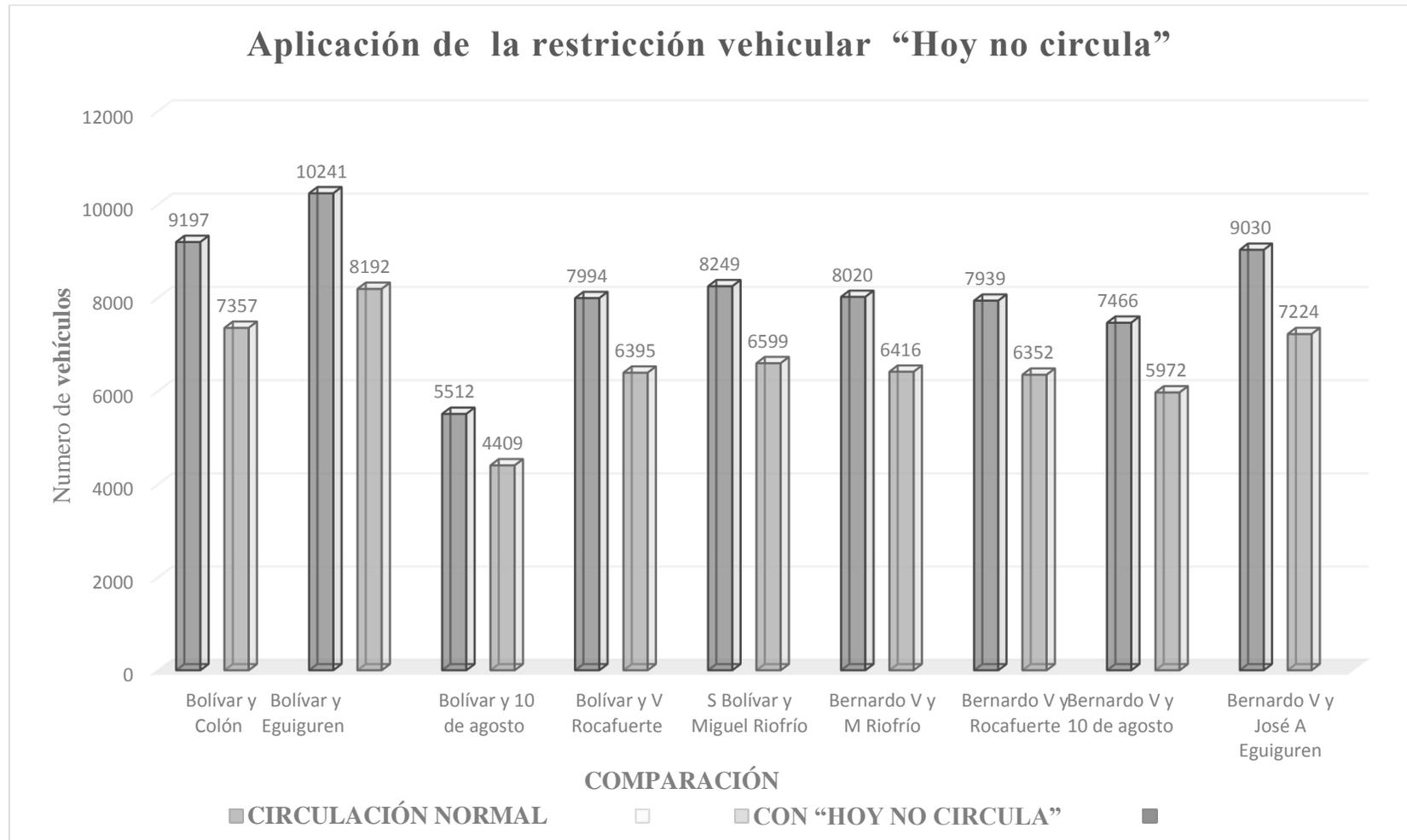


Figura 49. Aplicación de la restricción vehicular hoy no circula

Fuente: Autores

Tabla 48. Niveles de servicio con la aplicación de la restricción vehicular “Hoy no circula”

	Intersecciones	Nivel de servicio con circulación normal	Demora de la circulación normal (seg)	Nivel de servicio con “Hoy no circula”	Demora de la “Hoy no circula” (seg)
1	Simón Bolívar y Colón	D	45	D	42
2	Simón Bolívar y José Antonio Eguiguren	C	31	C	28
3	Simón Bolívar y 10 de agosto	D	38	D	35
4	Simón Bolívar y Vicente Rocafuerte	D	41	D	38
5	Simón Bolívar y Miguel Riofrío	D	41	D	38
6	Bernardo Valdivieso y Miguel Riofrío	D	41	D	38
7	Bernardo Valdivieso y Rocafuerte	C	41	D	38
8	Bernardo Valdivieso y 10 de agosto	C	32	C	29
9	Bernardo Valdivieso y José Eguiguren	D	41	D	38

Fuente: Autores

Análisis del tiempo de demora con el sistema “Hoy no circula”

El sistema “Hoy no circula”, permite reducir la demora en 3 segundos, no solo en la limitación de un periodo de tiempo fijo, si no durante todo el día. Esto se muestra a continuación en la figura 50.

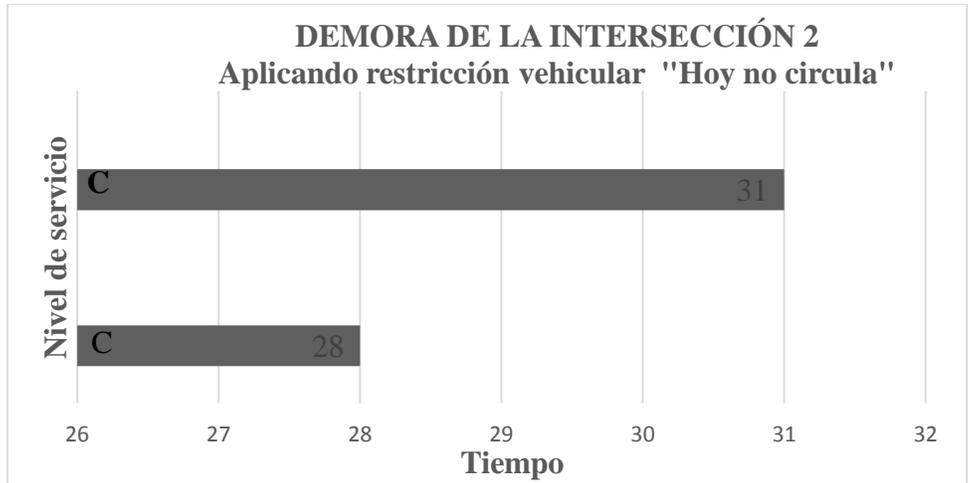


Figura 50. Aplicación restricción vehicular hoy no circula

Fuente: Autores

Disminución de emisiones contaminantes

Utilizando al sistema “Hoy no circula”, se disminuirá el 20% de la contaminación que producen los automóviles que se movilizan por el centro de Loja.

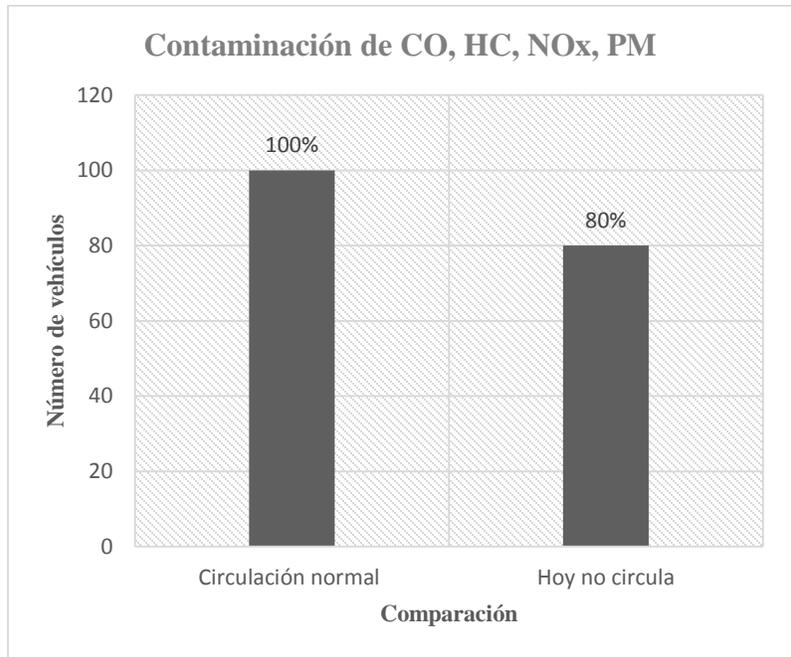


Figura 51. Análisis de contaminación

Fuente: Autores

Costo beneficio del sistema “Hoy no circula”

Con el sistema “Hoy no circula” se reduce el 20% del total de la circulación, es decir de 40000 vehículos que se movilizan libremente, ahora se considera 32000 por restricción vehicular y se disminuye 3 segundos en las demoras de todo el día.

Sin restricción vehicular

$$CGV = \left(\frac{18\$}{28800seg} \right) * 31 seg * 40000 veh$$

$$CGV = 775 \text{ dólares en un día}$$

- Por mes: $775 \text{ dólares en un día} * 22 = \$17\ 050$
- Por año: $204\ 600 \text{ dólares}$

Con el sistema “Hoy no circula”

$$CGV = \left(\frac{18 \$}{28800 seg} \right) * 28 seg * 32000 veh$$

$$CGV = 560 \text{ dólares en un día}$$

- Por mes: $560 \text{ dólares en un día} * 22 = \$12\ 320$
- Por año: $12320 * 12 = 147\ 840 \text{ dólares}$

Aplicando el sistema “Hoy no circula” se ahorra un aproximado de \$ 56760 al año, cabe recalcar que para este análisis no se consideró el consumo innecesario de combustible por permanecer estático con el automóvil.

Desventaja del sistema “Hoy no circula”

En casos de emergencia, al no poder usar el vehículo este sistema sería desastroso, debido a que no existen otros medios de transporte público que permitan movilizarse alrededor de la plaza central.

5.5. Análisis de factibilidad del sistema “Car pooling”

En la ciudad de Loja, aproximadamente se movilizan 40000 vehículos, considerando que diariamente se moviliza una persona por vehículo privado y como resultado genera congestión vehicular principalmente en las calles céntricas. (Cronica, 2015)

Las familias Lojanas hacen uso de 2 a 3 vehículos, los cuales circulan a diario debido a que los lugares de traslado son diferentes para cada miembro, la capacidad adquisitiva de cada familia provoca el desinterés por usar medios de transporte alternativos, lo cual genera un gran incremento del parque automotor.

Con esta referencia se propone el sistema “Car pooling”, como una alternativa para restar el congestión vehicular y de esta forma reducir el tiempo de traslado dentro de la ciudad.

Utilizando los datos de la intersección 2, se conoce que se movilizan aproximadamente 10241 vehículos por día, si se analiza que el índice ocupacional para un auto compartido es de 2 personas por vehículo se tendría que para la calle principal existe una reducción de 3379 vehículos es decir se tiene una reducción del 33% del total de los vehículos al ir un automóvil con un solo pasajero, se indica en la figura 52.

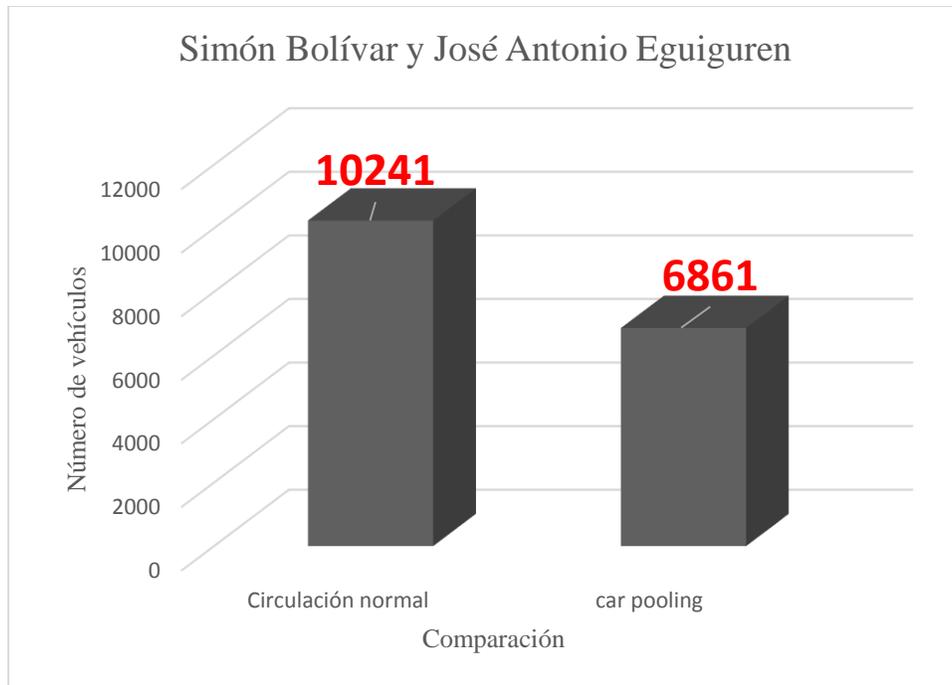


Figura 52. Análisis del sistema “Car pooling”

Fuente: Autores

Analizando la figura 53 de la demora se visualiza que con el sistema “Car Pooling” reduce un tiempo de 5 segundos en la segunda intersección, es decir obtendríamos una disminución de aproximadamente de 17% de la demora y el nivel de servicio se mantiene.

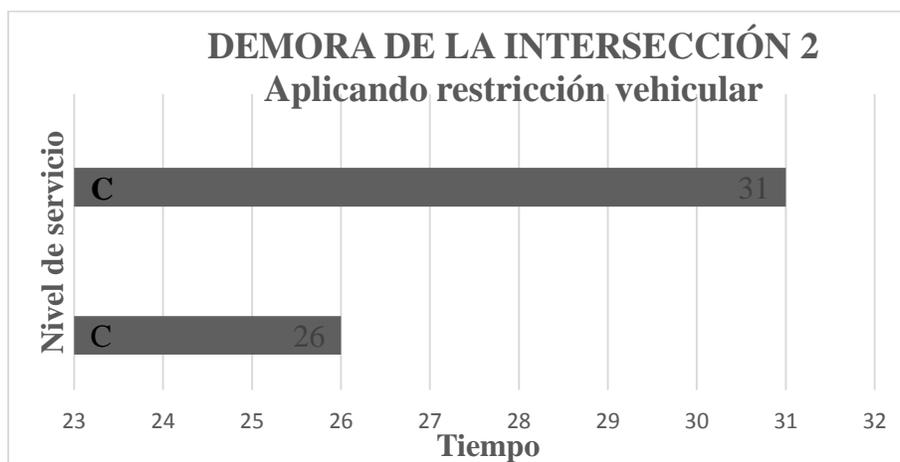


Figura 53. Demora aplicada el sistema “Car pooling”

Fuente: Autores

Desventajas del sistema “Car pooling”

- La seguridad de los usuarios se podría ver vulnerada, al no tener conocimiento de las personas que ocupan el servicio.
- Falta de concientización por parte de la población para utilizar transporte alternativo y compartido. Por otra parte, el centro de la ciudad de Loja no es extenso, por lo que no convendría este sistema.

6. Conclusiones

- Se evidenció que la tasa de crecimiento del parque automotor de Loja (9% anual) es superior a la tasa promedio del Ecuador (8.8% anual) en un 0.2%, demostrando que la ciudad tiene una excesiva demanda de vehículos, lo cual provoca problemas de movilidad en las principales calles céntricas. Los fundamentos teóricos ayudaron a obtener la información necesaria para determinar el nivel de servicio, comprendiendo los diferentes parámetros variables que se requieren para un estudio de movilidad.
- La zona con mayor problema de movilidad se registra alrededor de la plaza central “La Catedral”, con un flujo aproximado de 40000 automotores que circulan sin tener un patrón de movimiento vehicular definido, obteniendo una saturación vehicular en las intersecciones en diferentes tiempos del día.
- Se determinó los niveles de servicio en la zona de análisis, obteniendo como resultados un servicio tipo “C” en las intersecciones (2 y 8) en la cual la progresión del tránsito es regular y algunos ciclos empiezan a malograrse y un servicio tipo “D” en las

intersecciones (1,3,4,5,6,7,9), donde muchos vehículos se detienen y se hace notable los ciclos malogrados al producirse una mala progresión de tránsito.

- Luego del análisis de las posibles soluciones, se determinó que el método óptimo para la ciudad de Loja es el sistema de restricción vehicular denominado “Hoy no circula”, que disminuye el tiempo de traslado en 3 segundos, obteniendo una reducción aproximada del 20% del total de vehículos que circulan por el centro de la ciudad, reduciendo las emisiones de gases contaminantes que afectan la salud de las personas que se movilizan por las calles céntricas.

7. Recomendaciones

- Se recomienda implementar un proyecto de vialidad en el centro de la ciudad que restrinja el número de vehículos que ingresan a la zona central, ya que el nivel de servicio en las intersecciones de estudio empiezan a tener problemas de circulación, generando molestias a los peatones por el mal uso de la bocina y a los conductores por el tiempo de demora de traslado, un proyecto de movilidad brindaría beneficios ambientales dado que se reducirían los gases contaminantes que producen los vehículos y una mejor circulación vehicular con tiempos de traslado más cortos.

8. Referencias bibliográficas

- Admin. (2 de enero de 2019). Horario de pico y placa Quito, multas y mapa . *Ecuador Legal online* , pág. 1.
- AEADE. (2014). *El primer automóvil que circuló en Quito*. Obtenido de <https://automagazine.ec/el-primer-automovil-que-circulo-en-quito/>
- ANT. (26 de diciembre de 2017). *Agencia Nacional de Tránsito*. Obtenido de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/Estadistica%20de%20Transporte/2016/2016_AnuarioTransportes_Resumen%20Metodo1%C3%B3gico.pdf
- AVILES. (2006). *EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS ADMINISTRATIVOS DE LA EMPRESA DE TRANSPORTE*. Obtenido de http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/6566/1/31385_1.pdf
- Azuero, F. (25 de Mayo de 2009). *Costos y beneficios del pico y placa* . Obtenido de <https://m.portafolio.co/economia/finanzas/ARTICULO-MOVILES-AMP-174324.html>
- BANNED. (Junio de 2009). Obtenido de <https://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=806620>
- Bañón Luis Beviá García, J. F. (2000). *Manual de carreteras. Volumen I: elementos y proyecto*. Alicante: Ortiz e Hijos, Contratista de Obras, S.A.
- Belén, E. G. (Enero de 2014). Análisis del sector del servicio de transporte pesado en Guayaquil y la implementación de un sistema logístico. Guayaquil, Guayas, Ecuador.
- BOARD, T. R. (2000). *Highway capacity manual*. National Academy of Sciences.
- Burbano, S. (2003). *Física General*. Madrid: Tebar, S.L.
- Cal y Mayor, R. y. (2007). *Ingeniería de Tránsito: Fundamentos y aplicaciones*. Mexico: Alfaomega.
- Cantos, J. T. (Febrero de 2015). *Análisis del impacto económico generado por los niveles de servicio de las vialidades en el centro histórico de la ciudad de Cuenca*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/7909>
- Cantos, S. (2015). *Analisis del impacto económico generado por los niveles de servicio de las vialidades en el centro histórico de la ciudad de Cuenca*. Cuenca.
- Cantos, S. (2015). *Análisis del impacto económico generado por los niveles de servicio de las vialidades en el centro histórico de la ciudad de cuenca*.

- Celi, S. (Enero de 2016). *Researchgate*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/309286717_Analisis_de_la_aplicacion_de_l_Pico_y_Placa_en_la_ciudad_de_Quito
- CODE, A. (2004). *Sistema de carreteras Inca*. Obtenido de <https://ancient-code.es/antiguo-sistema-de-carreteras-inca-de-40000-km-de-longitud-una-extraordinaria-hazana-de-ingenieria-antigua/>
- COMERCIO. (2019). *Hoy no circula Quito*. Obtenido de <https://www.elcomercio.com/actualidad/restriccion-vehicular-excepciones-taxis-vehiculos.html>
- COMERCIO, E. (3 de mayo de 2010). Sistema Pico y placa . *El pico y placa busca mejorar la calidad del aire de Quito*.
- Crónica. (12 de abril de 2015). 41 696 vehículos circulan en el cantón Loja.
- Cronica, L. (12 de abril de 2015). Vehículos circulan en el cantón Loja. *41 696 vehículos circulan en el cantón Loja.*, pág. 2.
- DennisG.Zill. (2008). *Matemáticas avanzadas para ingeniería*. Mexico: Ricardo A. del bosque Alayon.
- DennisG.Zill. (2008). *Matemáticas avanzadas para ingeniería*. . Mexico : Ricardo A. del bosque Alayon.
- Devore, J. L. (2008). *Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Ciencias*. Mexico: Cengage Learning.
- DiarioLaHora. (2018). Congestion vehicular.
- Diaz, I. F. (29 de Febrero de 2012). *Contaminacion por humo negro*. Obtenido de <https://www.abc.com.py/articulos/contaminacion-por-humo-negro-372140.html>
- Ecuador, P. (18 de junio de 2013).
- EcuadorVialidad. (2014). *Estudios de Ingenieria de Transito*. Obtenido de <http://www.vialidad.ec/sites/default/files/archivos/tecnicos/gestionVialDescentraliza d a1/Transito/cap4.html>
- ElComercio. (3 de Mayo de 2010). *El pico y placa busca mejorar la calidad del aire de Quito*. Obtenido de <https://www.elcomercio.com/actualidad/quito/pico-y-placa-busca-mejorar.html>
- euso243. (2016 de Noviembre de 2016). *CARACTERISTICAS DEL TRANSITO*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/330697972/CARACTERISTICAS-DEL-TRANSITO-docx>
- Fuente, N. (10 de 3 de 2015). Obtenido de <https://blogbvelearning.wordpress.com/2015/03/10/el-transporte-sector-estrategico->

para-el-desarrollo-global-de-la-economia/?fbclid=IwAR30KI0iw-H1yy90YoLciCpYv2izhf0nmrv-8JUBD5ibMwzZdChPalBUfbs

- García, F. (26 de 1 de 2017). *El Mundo*. Obtenido de <https://www.elmundo.es/motor/2017/01/26/5889f3f7e2704e98418b4678.html>
- García, I. T. (2012). Obtenido de <https://es.slideshare.net/thayragarcia/capacidad-y-niveles-de-servicio>
- INEN. (12 de 2016). Obtenido de <http://www.aeade.net/wp-content/uploads/2016/12/PROYECTO-A2-NTE-INEN-2207.pdf>
- INEN. (12 de 2016). *Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres que utilizan diésel*. Obtenido de <http://www.aeade.net/wp-content/uploads/2016/12/PROYECTO-A2-NTE-INEN-2207.pdf>
- INEN. (12 de 2016). *Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres que utilizan gasolina*. Obtenido de <http://www.aeade.net/wp-content/uploads/2016/12/PROYECTO-A2-NTE-INEN-2204.pdf>
- Ing.SergioRomero. (2008). *Niveles de servicio*. Obtenido de <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/niveles-de-servicio.pdf>
- Jaramillo, G. (14 de 6 de 2012). *Loja Antigua Ecuador*. Obtenido de <https://www.facebook.com/LojaAntiguaEcuador/>
- Jerez, A. (Febrero de 2015). *Análisis del nivel de servicio y capacidad vehicular de las intersecciones con mayor demanda en la ciudad de Azogues*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7704/1/UPS-CT004571.pdf>
- LaHora. (Miercoles 18 de Diciembre de 2019). *Parque automotor crece sin control*.
- LaMaquinaDelTiempo. (16 de Junio de 2008). *Los medios de transporte a lo largo del tiempo*. Obtenido de <http://lahistoriadelostransportes.blogspot.com/2011/01/el-perfeccionamiento-de-los-medios-de.html>
- Loja, D. I. (2018). Congestion vehicular.
- Luis Bañón Blázquez, J. B. (25 de septiembre de 2000). Obtenido de Obtenido de <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/1788>
- Martínez, R. (18 de Mayo de 2010). *Características de Tránsito*. Obtenido de https://issuu.com/bancenco/docs/clase4_abr10
- Mayor, R. C. (2007). *Ingeniería de tránsito*. Mexico.
- Mercedes, C. J. (6 de Marzo de 2013). *Estudio de Tiempo de Viaje y de Demora*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/128866361/Estudio-de-Tiempo-de-Viaje-y-de-Demoras>

- OyolaySandoval. (2016). Obtenido de <https://studylib.es/doc/7514866/an%C3%A1lisis-de-consumo-de-combustible-de-los-veh%C3%ADculos-de-ca...>
- Pineda, J. (2018). *Importancia de la Ecomovilidad o Transporte Sostenible*. Obtenido de <https://encolombia.com/medio-ambiente/interes-a/importancia-ecomovilidad-transporte-sostenible/>
- Portafolio. (25 de Mayo de 2009). *Costos y beneficios del pico y placa* . Obtenido de <https://m.portafolio.co/economia/finanzas/ARTICULO-MOVILES-AMP-174324.html>
- ProEcuador. (2013). *Análisis del sector automotriz*. Obtenido de http://www.proecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2013/07/PROEC_AS2013_AUTOMOTRIZ1.pdf
- Rodwai, C. (16 de Diciembre de 2015). *Carpooling*. Obtenido de <https://www.infobae.com/2015/12/16/1776933-carpooling-que-es-y-como-funciona/>
- SinMapa. (18 de Junio de 2016). *Guía de Viaje*. Obtenido de <https://www.sinmapa.net/guia-de-viaje-loja/>
- Tránsito., A. N. (Diciembre de 2017). *ANT*. Obtenido de ANT: ANT. (26 de diciembre de 2017). Agencia Na https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/Estadistica%20de%20Transporte/2016/2016_AnuarioTransportes_Resumen%20Metodo%C3%B3gico.pdf
- Ucha, F. (diciembre de 2008). *Definición ABC*. Obtenido de <https://www.definicionabc.com/general/velocidad.php>
- Vega, J. C. (16 de Enero de 2011). *La historia de los transportesLa Máquina del tiempo*. Obtenido de La historia de los transportes: https://lahistoriadelostransportes.blogspot.com/2011/01/el-perfeccionamiento-de-los-medios-de.html?fbclid=IwAR3REcLzXr7zUzGijRivP41btBP_HrqghdHweIJWhxvhiYKccSQgu9klXQ0
- Vinueza, J. P. (2012). *Estudio de factibilidad para la implantación de un sistema de restricción de flujo vehicular en la ciudad de Cuenca* . Obtenido de <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/1443/1/09611.pdf>
- Wagen, B. P. (29 de 01 de 2014). Benz Patent Motor Wagen. Obtenido de <https://elcomercio.pe/ruedas-tuercas/rt-sports/128-anos-patento-primer-auto-gasolina-288738>
- wikiHow. (2014). *Calcular las tasas básicas de crecimiento*. Obtenido de <https://es.wikihow.com/calcular-la-tasa-de-crecimiento>
- Wikipedia. (2011). Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Velocidad>

Anexo 3. Intersección 3. Simón Bolívar y 10 de agosto

CALLE SIMÓN BOLÍVAR Y 10 DE AGOSTO									
SEMAFORO	SEMAFORO	SEMAFORO	SEMAFORO	SEMAFORO	SEMAFORO	SEMAFORO	SEMAFORO	SEMAFORO	SEMAFORO
SEMAFORO	SEMAFORO	SEMAFORO	SEMAFORO	SEMAFORO	SEMAFORO	SEMAFORO	SEMAFORO	SEMAFORO	SEMAFORO
98									
113									
82									
96									
65									
105									
107									
92									
75									
152									
124									
156									
64									
81									
76									
82									
76									
78									
75									
74									
66									
86									
62									
79									
88									
79									
72									
87									
78									
64									
68									
120									
62									
59									
80									
87									
76									
79									
90									
90									
77									
88									
77									
86									
75									
77									
66									
105									
4094									

Anexo 3. Simón Bolívar y 10 de agosto

Módulo de ajuste de volúmenes

Módulo de Ajuste de Volúmenes						
Accesos	Oeste			Sur		
	WB			SB		
Sentido del flujo	LT	TH	RT	LT	TH	RT
Movimientos						
Volumenes:v (v)	0	0	-	-	283	224
FHMD	0	0	-	-	0,8422619	0,91803279
Flujo Ajustado:	0	0	-	-	373	271,111111
Grupo de carril	L	T	-	-	R	T
Número de carril	0	0	-	-	1	1
Flujo del grupo	0	0	-	-	373	271,111111
Prop. De vuelta	0	0	-	-	0	1

Módulo del flujo de saturación

Módulo del flujo de saturación				
Accesos	Oeste		Sur	
	WB		SB	
Grupo de carril	L	T	R	T
Número de carril	0	0	1	1
Flujo de saturación	0	0	507	507
Factor de ajuste	0	0	1	1,3
Factor de ajuste	0	0	1	1
Factor de ajuste por pendiente del acceso:fg				
Factor de ajuste	0		1	1
Factor de ajuste	0	0	1	1
Factor de ajuste	0	0	0,9	0,9
Factor de ajuste	0	0	1	1
Factor de ajuste	0	0	0,95	1
Factor de ajuste	0	0	1	1
Factor de ajuste	0	0	1	1
Factor de saturación	0	0	433,485	593,19

Módulo del análisis de capacidad

Módulo de análisis de capacidad				
Accesos	Oeste		Sur	
	WB		NB	
Grupo de carril	L	T	R	T
Número de la fase ϕ^2	ϕ^2		ϕ^1	ϕ^1
Tipo de fase: P-P	P		P	P
Tasa de flujo ajustado	0	0	271,111111	373
Flujo de saturación	0	0	433,485	593,19
Tiempo verde efectivo	0	0	54	54
Relación de verificación	0	0	0,51428571	0,51428571
Capacidad del grupo	0	0	222,935143	305,069143
Relación volumétrica	0	0	0,82230176	0,81714949
Relación de flujo	0	0	0,62542213	0,62936552
Grupo de carriles crítico por fase				

Módulo del nivel de servicio

Módulo del nivel de servicio				
Accesos	Oeste		Sur	
	WB		SB	
Grupo de carril	L	T	R	T
Tasa de flujo ajustado	0	0	271,111111	373,333333
Relación de verificación	0	0	0,51428571	0,51428571
Capacidad del grupo	0	0	222,935143	305,069143
Relación volumétrica	0	0	0,82230176	0,81714949
Demora uniforme	0	0	11,9628162	11,965466
Demora incremental	0	0	24,531611	18,4754572
Demora por colapso	0	0	0	0
Demora media	0	0	36,4944272	40,0477804
Demora por acceso	0		38,55292145	
Nivel de servicio	C			
Demora en total	38,55292145			
Nivel de servicio	C			

Anexo 4. Intersección 4. Simón Bolívar y Vicente Rocafuerte

CALLE SIMÓN BOLÍVAR Y VICENTE ROCAFUERTE									
SEMAFORO	SEMAFORO	SEMAFORO			Volumen del Tráfico				
		Autos	Camionetas	Otros					
181	181	181	181	181	181				
206	206	206	206	206	206				
158	158	158	158	158	158				
156	156	156	156	156	156				
130	130	130	130	130	130				
211	211	211	211	211	211				
217	217	217	217	217	217				
173	173	173	173	173	173				
151	151	151	151	151	151				
218	218	218	218	218	218				
196	196	196	196	196	196				
233	233	233	233	233	233				
160	160	160	160	160	160				
164	164	164	164	164	164				
158	158	158	158	158	158				
156	156	156	156	156	156				
163	163	163	163	163	163				
160	160	160	160	160	160				
148	148	148	148	148	148				
157	157	157	157	157	157				
165	165	165	165	165	165				
173	173	173	173	173	173				
146	146	146	146	146	146				
153	153	153	153	153	153				
167	167	167	167	167	167				
158	158	158	158	158	158				
163	163	163	163	163	163				
158	158	158	158	158	158				
157	157	157	157	157	157				
161	161	161	161	161	161				
153	153	153	153	153	153				
171	171	171	171	171	171				
120	120	120	120	120	120				
116	116	116	116	116	116				
165	165	165	165	165	165				
165	165	165	165	165	165				
151	151	151	151	151	151				
155	155	155	155	155	155				
164	164	164	164	164	164				
164	164	164	164	164	164				
153	153	153	153	153	153				
171	171	171	171	171	171				
162	162	162	162	162	162				
171	171	171	171	171	171				
178	178	178	178	178	178				
172	172	172	172	172	172				
141	141	141	141	141	141				
211	211	211	211	211	211				
7994	7994	7994	7994	7994	7994				

Anexo 4. Simón Bolívar y Vicente Rocafuerte

Módulo de ajuste de volumen

Módulo de Ajuste de Volúmenes						
Accesos	Oeste			Sur		
	WB			SB		
Sentido del flujo vehicular	LT	TH	RT	LT	TH	RT
Movimientos						
Volumen:v (veh/h)	167	224	-	-	283	124
FHMD	0,9076087	0,7777778	-	-	2,62037037	1,19230769
Flujo Ajustado:Vp (veh/h)	204,444444	320	-	-	120	115,555556
Grupo de carriles	L	T	-	-	R	T
Número de carriles: N	1	1	-	-	1	1
Flujo del grupo:Vi (veh/h)	204,444444	320	-	-	120	115,555556
Prop. De vueltas PLT o PRT	1	0	-	-	0	1

Módulo del flujo de saturación

Módulo del flujo de saturación				
Accesos	Oeste		Sur	
	WB		SB	
Sentido del flujo vehicular	L	T	R	T
Grupo de carriles	L	T	R	T
Número de carriles:N	1	1	1	1
Flujo de saturación base:So (autos/h verde/carril)	798	798	798	798
Factor de ajuste por ancho de carriles: fw	1,3	1	1	1,3
Factor de ajuste por vehículos pesados:fhv	1	1	1	1
Factor de ajuste por pendiente del acceso:fg				
Factor de ajuste por estacionamiento:fp	1			1
Factor de ajuste por bloqueo de buses:fb	1	1	1	1
Factor de ajuste por tipo de área:fa	0,9	0,9	0,9	0,9
Factor de ajuste por utilización de carriles:fLU	1	1	1	1
Factor de ajuste por vueltas a la izquierda:fLT	0,95	1	0,95	1
Factor de ajuste izquierdo peatones y ciclistas:fLpb	1	1	1	1
Factor de ajuste derecho peatones y ciclistas:fRpb	1	1	1	1
Factor de saturación ajustado:si (veh/h verde)	886,977	718,2	682,29	933,66

Módulo del análisis de capacidad

Módulo de análisis de capacidad				
Accesos	Oeste		Sur	
	WB		NB	
Sentido del flujo vehicular	L	T	R	T
Grupo de carriles	L	T	R	T
Número de la fase:φi	φ2	φ2	φ1	φ1
Tipo de fase: P=prefijada, A=accionada	P	P	P	P
Tasa de flujo ajustado del grupo: vi(veh/h)	204,444444	320	115,555556	120
Flujo de saturación ajustado:si (veh/h verde)	886,977	718,2	682,29	933,66
Tiempo verde efectivo:gi	40	40	54	54
Relación de verde:gi/C	0,37735849	0,37735849	0,50943396	0,50943396
Capacidad del grupo de carriles:ci(veh/h)	334,708302	271,018868	347,581698	475,638113
Relación volumen a capacidad: Xi=vi/ci	0,61081378	0,84693396	0,33245581	0,25229265
Relación de flujo: vi/si	0,23049577	0,44555834	0,16936428	0,12852644
Grupo de carriles crítico por fase				

Módulo del nivel de servicio

Módulo del nivel de servicio				
Accesos	Oeste		Sur	
	WB		SB	
Sentido del flujo vehicular	L	T	R	T
Grupo de carriles	L	T	R	T
Tasa de flujo ajustado del grupo: vi(veh/h)	204,444444	320	115,555556	120
Relación de verde:gi/C	0,37735849	0,37735849	0,50943396	0,50943396
Capacidad del grupo de carriles:ci(veh/h)	334,708302	271,018868	347,581698	475,638113
Relación volumen a capacidad: Xi=vi/ci	0,61081378	0,84693396	0,33245581	0,25229265
Demora uniforme:d1 (s/veh)	20,316674	20,2275721	12,5853527	12,6261905
Demora incremental:d2 (s/veh)	6,96479076	23,5076725	2,19680917	1,09206578
Demora por cola inicial:d3(s/veh)	0	0	0	0
Demora media por control del grupo de carriles	27,2814648	43,7352446	14,7821619	13,7182563
Demora por acceso:dA (s/veh)	49,13934499		23,70302939	
Nivel de servicio por acceso	D		C	
Demora en toda la intersección:di (s/veh)	41,25557466			
Nivel de servicio global por intersección	D			

Anexo 6. Intersección 6. Bernardo Valdivieso y Miguel Riofrío

CALLE BERNARDO VALDIVIESO Y MIGUEL RIOFRÍO										
SEMAFORO	SEMAFORO	SEMAFORO	SEMAFORO	SEMAFORO	SEMAFORO	SEMAFORO	SEMAFORO	SEMAFORO	SEMAFORO	SEMAFORO
SEMAFORO	SEMAFORO	SEMAFORO	SEMAFORO	SEMAFORO	SEMAFORO	SEMAFORO	SEMAFORO	SEMAFORO	SEMAFORO	SEMAFORO
151	216	157	104	138	204	170	170	185	157	182
165	167	175	178	167	171	190	167	171	188	148
163	135	130	163	135	130	163	157	167	161	136
168	141	183	184	194	201	167	165	194	171	162
176	193	146	178	153	144	185	171	162	176	193
146	178	153	144	185	171	162	176	193	146	178
153	144	185	171	162	176	193	146	178	153	144
144	185	171	162	176	193	146	178	153	144	185
8020										

Anexo 6. Bernardo Valdivieso y Miguel Riofrío

Módulo de ajuste de volúmenes

Módulo de Ajuste de Volúmenes						
Accesos	Oeste			Sur		
	WB			SB		
Sentido del f	LT	TH	RT	LT	TH	RT
Movimiento						
Volumenes:	127	168	-	-	378	89
FHMD	0,7055556	0,84	-	-	0,945	0,85576923
Flujo Ajustad	200	222,22222	-	-	444	115,55556
Grupo de car	L	T	-	-	R	T
Número de c	1	1	-	-	1	1
Flujo del gru	200	222,22222	-	-	444	115,55556
Prop. De vue	1	0	-	-	0	1

Módulo del flujo de saturación

Módulo del flujo de saturación				
Accesos	Oeste		Sur	
	WB		SB	
Grupo de car	L	T	R	T
Número de c	1	1	1	1
Flujo de satu	762	762	762	762
Factor deaju	1,1222222	1,0444444	1,0444444	1,1222222
Factor deaju	1	1	1	1
Factor de ajuste por pendiente del acceso:fg				
Factor deaju	1			1
Factor deaju	1	1	1	1
Factor deaju	0,9	0,9	0,9	0,9
Factor deaju	1	1	1	1
Factor deaju	0,95	1	0,95	1
Factor deaju	1	1	1	1
Factor deaju	1	1	1	1
Factor de sat	731,139	716,28	680,466	769,62

Módulo del análisis de capacidad

Módulo de análisis de capacidad				
Accesos	Oeste		Sur	
	WB		SB	
Grupo de car	L	T	R	T
Número de l	φ2	φ2	φ1	φ1
Tipo de fase	P	P	P	P
Tasa de flujo	200	222,22222	115,55556	444
Flujo de satu	731,139	716,28	680,466	769,62
Tiempo verd	42	42	52	52
Relación de v	0,39622642	0,39622642	0,49056604	0,49056604
Capacidad de	289,696585	283,809057	333,813509	377,549434
Relación vol	0,69037749	0,78299905	0,346168	0,84948623
Relación de v	0,2735458	0,31024491	0,16981827	0,57748557
Grupo de carriles crítico por fase				

Módulo del nivel de servicio

Módulo del nivel de servicio				
Accesos	Oeste		Sur	
	WB		SB	
Grupo de car	L	T	R	T
Tasa de flujo	200	222,22222	115,55556	444,44444
Relación de v	0,39622642	0,39622642	0,49056604	0,49056604
Capacidad de	289,696585	283,809057	333,813509	377,549434
Relación vol	0,69037749	0,78299905	0,346168	0,84948623
Demora unif	19,0472089	19,0105098	13,5848987	13,3379879
Demora incr	11,015985	16,7589119	2,42943539	18,1976682
Demora por	0	0	0	0
Demora med	30,063194	35,7694217	16,0143341	31,5356561
Demora por	42,85847172		40,13055792	
Nivel de ser	D		D	
Demora en t	41,30319055			
Nivel de ser	D			

Anexo 7. Intersección 7. Bernardo Valdivieso y Vicente Rocafuerte

CALLE: BERNARDO VALDIVIESO y VICENTE ROCAFUERTE										
A. VALDIVIESO (SE. INTERSECCIÓN)										
Horario	Accesos	Autobuses	Bicicletas	Camiones	Otros	Volumen de tráfico				
0:00-0:05	2	0	0	0	0	169	0	0	0	
0:05-0:10	2	0	0	0	0	183	0	0	0	
0:10-0:15	2	0	0	0	0	144	0	0	0	
0:15-0:20	2	0	0	0	0	125	0	0	0	
0:20-0:25	2	0	0	0	0	131	0	0	0	
0:25-0:30	2	0	0	0	0	165	0	0	0	
0:30-0:35	2	0	0	0	0	184	0	0	0	
0:35-0:40	2	0	0	0	0	177	0	0	0	
0:40-0:45	2	0	0	0	0	184	0	0	0	
0:45-0:50	2	0	0	0	0	148	0	0	0	
0:50-0:55	2	0	0	0	0	135	0	0	0	
0:55-1:00	2	0	0	0	0	160	0	0	0	
1:00-1:05	2	0	0	0	0	176	0	0	0	
1:05-1:10	2	0	0	0	0	174	0	0	0	
1:10-1:15	2	0	0	0	0	179	0	0	0	
1:15-1:20	2	0	0	0	0	188	0	0	0	
1:20-1:25	2	0	0	0	0	176	0	0	0	
1:25-1:30	2	0	0	0	0	163	0	0	0	
1:30-1:35	2	0	0	0	0	165	0	0	0	
1:35-1:40	2	0	0	0	0	166	0	0	0	
1:40-1:45	2	0	0	0	0	154	0	0	0	
1:45-1:50	2	0	0	0	0	161	0	0	0	
1:50-1:55	2	0	0	0	0	157	0	0	0	
1:55-2:00	2	0	0	0	0	170	0	0	0	
2:00-2:05	2	0	0	0	0	162	0	0	0	
2:05-2:10	2	0	0	0	0	168	0	0	0	
2:10-2:15	2	0	0	0	0	161	0	0	0	
2:15-2:20	2	0	0	0	0	148	0	0	0	
2:20-2:25	2	0	0	0	0	163	0	0	0	
2:25-2:30	2	0	0	0	0	160	0	0	0	
2:30-2:35	2	0	0	0	0	161	0	0	0	
2:35-2:40	2	0	0	0	0	165	0	0	0	
2:40-2:45	2	0	0	0	0	178	0	0	0	
2:45-2:50	2	0	0	0	0	170	0	0	0	
2:50-2:55	2	0	0	0	0	166	0	0	0	
2:55-3:00	2	0	0	0	0	170	0	0	0	
3:00-3:05	2	0	0	0	0	172	0	0	0	
3:05-3:10	2	0	0	0	0	157	0	0	0	
3:10-3:15	2	0	0	0	0	169	0	0	0	
3:15-3:20	2	0	0	0	0	173	0	0	0	
3:20-3:25	2	0	0	0	0	179	0	0	0	
3:25-3:30	2	0	0	0	0	170	0	0	0	
3:30-3:35	2	0	0	0	0	169	0	0	0	
3:35-3:40	2	0	0	0	0	167	0	0	0	
3:40-3:45	2	0	0	0	0	174	0	0	0	
3:45-3:50	2	0	0	0	0	182	0	0	0	
						7939				

Anexo 7. Bernardo Valdivieso y Vicente Rocafuerte

Módulo de ajuste de volúmenes

Módulo de Ajuste de Volúmenes						
Accesos	Este			Norte		
	WB			SB		
Sentido del flujo vehic	LT	TH	RT	LT	TH	RT
Movimientos						
Volumenes:v (veh/h)	303	111	-	-	111	120
FHMD	1,01	0,89516129	-	-	0,97340426	0,9375
Flujo Ajustado:Vp (veh)	333,333333	137,777778	-	-	127	142,222222
Grupo de carriles	L	T	-	-	R	T
Número de carriles: N	1	1	-	-	1	1
Flujo del grupo:Vi (veh)	333,333333	137,777778	-	-	127	142,222222
Prop. De vueltas PLT o	1	0	-	-	0	1

Módulo del flujo de saturación

Módulo del flujo de saturación				
Accesos	Este		Norte	
	WB		SB	
Sentido del flujo vehic	L	T	R	T
Grupo de carriles	L	T	R	T
Número de carriles:N	1	1	1	1
Flujo de saturación ba	717	717	717	717
Factor de ajuste por ar	1,11777778	1,08888889	1,08888889	1,11777778
Factor de ajuste por ve	1	1	1	1
Factor de ajuste por pendiente del acceso:fg				
Factor de ajuste por es	1			1
Factor de ajuste por bl	1	1	1	1
Factor de ajuste por tip	0,9	0,9	0,9	0,9
Factor de ajuste por ut	1	1	1	1
Factor de ajuste por vu	1	1	1	1
Factor de ajuste izquie	1	1	1	1
Factor de ajuste derec	1	1	1	1
Factor de saturación aj	721,302	702,66	702,66	721,302

Módulo del análisis de capacidad

Módulo de análisis de capacidad				
Accesos	Este		Norte	
	WB		SB	
Sentido del flujo vehic	L	T	R	T
Grupo de carriles	L	T	R	T
Número de la fase:φi	φ2	φ2	φ1	φ1
Tipo de fase: P=prefija	P	P	P	P
Tasa de flujo ajustado	333,333333	137,777778	142,222222	127
Flujo de saturaciónaju	721,302	702,66	702,66	721,302
Tiempo verde efectivo	54	54	40	40
Relación de verde:gi/C	0,50943396	0,50943396	0,37735849	0,37735849
Capacidad del grupo d	367,455736	357,958868	265,154717	272,189434
Relación volumen a ca	0,90713874	0,38489835	0,53637448	0,46549601
Relación de flujo: vi/si	0,46212728	0,19608029	0,20240546	0,17565887
Grupo de carriles crítico por fase				

Módulo del nivel de servicio

Módulo del nivel de servicio				
Accesos	Oeste		Sur	
	WB		SB	
Sentido del flujo vehic	L	T	R	T
Grupo de carriles	L	T	R	T
Tasa de flujo ajustado	333,333333	137,777778	142,222222	126,703097
Relación de verde:gi/C	0,50943396	0,50943396	0,37735849	0,37735849
Capacidad del grupo d	367,455736	357,958868	265,154717	272,189434
Relación volumen a ca	0,90713874	0,38489835	0,53637448	0,46549601
Demora uniforme:d1 (12,2925897	12,5586367	20,3447643	20,3715109
Demora incremental:d	25,4985517	2,67393312	6,53384395	4,84389072
Demora por cola inicia	0	0	0	0
Demora media por cor	37,7911414	15,2325698	26,8786083	25,2154017
Demora por acceso:dA	43,74239472		38,14985223	
Nivel de servicio por a	C		C	
Demora en toda la inte	41,7100944			
Nivel de servicio globa	C			

Anexo 9. Intersección 9. Bernardo Valdivieso y José Antonio Eguiguren

CALLE BERNARDO VALDIVIESO Y JOSÉ ANTONIO EGUIGUREN									
JOSÉ ANTONIO EGUIGUREN									
SEMAFORO	SEMAFORO	SEMAFORO	SEMAFORO	SEMAFORO	SEMAFORO	SEMAFORO	SEMAFORO	SEMAFORO	SEMAFORO
123									
162									
176									
147									
148									
208									
179									
183									
181									
218									
192									
213									
203									
215									
209									
202									
213									
187									
182									
192									
179									
221									
199									
197									
181									
198									
189									
184									
167									
180									
189									
175									
193									
203									
199									
188									
201									
194									
213									
195									
192									
168									
180									
197									
184									
194									
161									
176									
									9030

Anexo 9. Bernardo Valdivieso y José Antonio Eguiguren

Módulo de ajuste de volúmenes

Módulo de Ajuste de Volúmenes						
Accesos	Este			Norte		
	Sentido del flujo WB SB					
Movimientos	LT	TH	RT	LT	TH	LT
Volumenes:v (v)	132	199	-	-	362	146
FHMD	0,89189189	0,95673077	-	-	0,95263158	0,81111111
Flujo Ajustado:\	164,444444	231,111111	-	-	422	200
Grupo de carrile	L	T	-	-	T	L
Número de carr	1	1	-	-	1	1
Flujo del grupo:	164,444444	231,111111	-	-	422	200
Prop. De vuelta:	1	0	-	-	0	1

Módulo del flujo de saturación

Módulo del flujo de saturación				
Accesos	Este		Norte	
	Sentido del flujo WB SB			
Grupo de carrile	L	T	L	T
Número de carr	1	1	1	1
Flujo de saturac	839	839	839	839
Factor de ajuste	1,3	1	1	1,3
Factor de ajuste	1	1	1	1
Factor de ajuste por pendiente del acceso:fg				
Factor de ajuste	1			1
Factor de ajuste	1	1	1	1
Factor de ajuste	0,9	0,9	0,9	0,9
Factor de ajuste	1	1	1	1
Factor de ajuste	0,95	1	0,95	1
Factor de ajuste	1	1	1	1
Factor de ajuste	1	1	1	1
Factor de satura	932,5485	755,1	717,345	981,63

Módulo del análisis de capacidad

Módulo de análisis de capacidad				
Accesos	Este		Sur	
	Sentido del flujo WB SB			
Grupo de carrile	L	T	L	T
Número de la fa	φ2	φ2	φ1	φ1
Tipo de fase: P=	P	P	P	P
Tasa de flujoaju	164,444444	231,111111	200	422
Flujo de saturac	932,5485	755,1	717,345	981,63
Tiempo verde e	52	52	42	42
Relación de ver	0,49056604	0,49056604	0,39622642	0,39622642
Capacidad del g	457,476623	370,426415	284,231038	388,947736
Relación volum	0,35945978	0,62390559	0,70365292	0,92119201
Relación de fluj	0,17633876	0,30606689	0,27880587	0,43012359
Grupo de carriles crítico por fase				

Módulo del nivel de servicio

Módulo del nivel de servicio				
Accesos	Este		Sur	
	Sentido del flujo WB SB			
Grupo de carrile	L	T	L	T
Tasa de flujoaju	164,444444	231,111111	200	422,222222
Relación de ver	0,49056604	0,49056604	0,39622642	0,39622642
Capacidad del g	457,476623	370,426415	284,231038	388,947736
Relación volum	0,35945978	0,62390559	0,70365292	0,92119201
Demora uniform	13,5783782	13,4486501	19,0419488	18,9557541
Demora increm	1,88221002	6,65472754	11,8488859	26,5448537
Demora por cola	0	0	0	0
Demora media	15,4605882	20,1033776	30,8908347	45,5006078
Demora por acc	27,2966578		50,14918077	
Nivel de servici	C		D	
Demora en toda	41,26763254			
Nivel de servici	D			

Anexo 10

Factores de ajuste de tasa de flujo de saturación

Factor	Fórmula	Definición de variables	Notas
Vehículos pesados	$f_{HV} = \frac{100}{100 + \%HV(E_T - 1)}$	%HV= Porcentaje de vehículos pesados	
Estacionamiento	$f_p = 1 - \frac{0.1}{N} - \frac{18 * N_m}{3600 * N} > 0.05$ $f_a = 0.9$ en CBD	$N_m = \#$ de estacionamientos por hora $N = \#$ de carriles por grupo	$0 \leq N_m \leq 180$ $f_p = 1.00$ sin estacionamiento
Tipo de área	$f_a = 1.00$ en otra área	CBD=Distrito Central de Negocios(centro de la ciudad)	
Vueltas a la izquierda	Carril exclusivo: $f_{LT} = 0.95$ Carril compartido: $f_{LT} = \frac{1}{1.0 + 0.05\%_{LT}}$	% $_{RT}$ = proporción de vueltas a la izquierda en el grupo de carriles	
Vueltas a la derecha	Carril exclusivo: $f_{RT} = 0.85$ Carril compartido: $f_{RT} = 1.0 - 0.15\%_{RT}$ Carril compartido: $f_{RT} = 1.0 - 1.135\%_{RT}$	% $_{RT}$ = proporción de vueltas a la derecha en el grupo de carriles	$f_{RT} = 0.050$

Valores para grupos de carriles con señales ascendentes

	Grado de saturación de intersecciones corriente arriba, X_u						
	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	≥ 1.0
1	0.922	0.858	0.769	0.650	0.500	0.314	0.090