

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“PROPUESTA DE UN CICLO SEMAFÓRICO DE DURACIÓN
VARIABLE PARA REDUCIR EL GRADO DE SATURACIÓN DE LA
INTERSECCIÓN DEL JR. ATAHUALPA Y LA AV. SAN MARTÍN, DE
LA CIUDAD DE CAJAMARCA”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR:
ARCAD ROQUE JULCA**

**ASESOR:
MCs. Ing. SERGIO MANUEL HUAMÁN SANGAY**

**Cajamarca, Perú
2025**

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- FACULTAD DE INGENIERÍA -

1. **Investigador:** ARCAD ROQUE JULCA
DNI: 48446257
Escuela Profesional: INGENIERÍA CIVIL
2. **Asesor:** MCs. Ing. SERGIO MANUEL HUAMÁN SANGAY
Facultad: INGENIERÍA
3. **Grado académico o título profesional**
☐ Bachiller ☒ Título profesional ☐ Segunda especialidad
☐ Maestro ☐ Doctor
4. **Tipo de Investigación:**
☒ Tesis ☐ Trabajo de investigación ☐ Trabajo de suficiencia profesional
☐ Trabajo académico
5. **Título de Trabajo de Investigación:** "PROPUESTA DE UN CICLO SEMAFÓRICO DE DURACIÓN VARIABLE PARA REDUCIR EL GRADO DE SATURACIÓN DE LA INTERSECCIÓN DEL JR. ATAHUALPA Y LA AV. SAN MARTÍN, DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA"
6. **Fecha de evaluación:** 12/02/2026
7. **Software antiplagio:** ☒ TURNITIN ☐ URKUND (OURIGINAL) (*)
8. **Porcentaje de Informe de Similitud:** 22%
9. **Código Documento:** 3117:556199723
10. **Resultado de la Evaluación de Similitud:**
☒ APROBADO ☐ PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 13 de febrero del 2026.



FIRMA DEL ASESOR

MCs. Ing. SERGIO MANUEL HUAMÁN SANGAY
DNI: 26605019



Firmado digitalmente por:
BAZAN DIAZ Laura Sofia
FAU 20148258601 soft
Motivo: En señal de
conformidad
Fecha: 13/02/2026 16:40:23-0500

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI



Universidad Nacional de Cajamarca

"Norte de la Universidad Peruana"

Fundada por Ley 14015 del 13 de Febrero de 1962

FACULTAD DE INGENIERÍA

Teléf. N° 365976 Anexo N° 1129-1130



SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.

ACTA N° 0077-2026

En la ciudad de Cajamarca, dando cumplimiento a lo dispuesto por el Art. 035 del Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca, la Secretaría Académica de la Facultad de Ingeniería, da a conocer que, a los **veintitrés días del mes de febrero de 2026**, siendo las nueve horas (09:00 a.m.) en la Sala de Audiovisuales (Edificio 1A - Segundo Piso), de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad Nacional de Cajamarca, se reunieron los Señores Miembros del Jurado Evaluador:

Presidente : M.Cs. Ing. Marco Antonio Silva Silva.
Vocal : M.Cs. Ing. María Salomé De la Torre Ramírez.
Secretario : Ing. William Próspero Quiroz Gonzales.

Para proceder a escuchar y evaluar la sustentación pública de la tesis **PROPUESTA DE UN CICLO SEMAFÓRICO DE DURACIÓN VARIABLE PARA REDUCIR EL GRADO DE SATURACIÓN DE LA INTERSECCIÓN DEL JR. ATAHUALPA Y LA AV. SAN MARTÍN, DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA**, presentado por el Bachiller en Ingeniería Civil **ARCAD ROQUE JULCA**, asesorado por el M.Cs. Ing. Sergio Manuel Huamán Sangay, para la obtención del Título Profesional.

Los Señores Miembros del Jurado replicaron al sustentante, debatieron entre sí en forma libre y reservada y lo evaluaron de la siguiente manera:

EVALUACIÓN PRIVADA : ⁰⁶ PTS.
EVALUACIÓN PÚBLICA : ¹¹ PTS.
EVALUACIÓN FINAL : ¹⁷ PTS. ^{diecisiete} (En letras)

En consecuencia, se lo declara ^{APROBADO} con el calificativo de ^{diecisiete (17)} acto seguido, el presidente del jurado hizo saber el resultado de la sustentación, levantándose la presente a las ^{10:30} horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el acto, para constancia se firmó por quintuplicado.

M.Cs. Ing. Marco Antonio Silva Silva.
Presidente

M.Cs. Ing. María Salomé De la Torre Ramírez.
Vocal

Ing. William Próspero Quiroz Gonzales.
Secretario

M.Cs. Ing. Sergio Manuel Huamán Sangay.
Asesor

**Copyright 2025 by
Arcad Roque Julca
Todos los derechos reservados**

DEDICATORIA

A Dios

A Miriam

A mis padres Benito y Melchora

AGRADECIMIENTO

A Dios, por su gracia que nos da la vida.

A mis padres, por su apoyo, amor y compañía.

A Adrián, por su apoyo y ejemplo.

A mi Asesor MCs. Ing. SERGIO MANUEL
HUAMÁN SANGAY, por su apoyo, orientación
y colaboración en el desarrollo de esta tesis.

ÍNDICE

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE	v
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
RESUMEN	xv
ABSTRACT.....	xvi
Capítulo I	1
Introducción	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.2. Formulación del problema.....	3
1.3. Hipótesis	3
1.4. Justificación de la investigación	3
1.5. Alcances o delimitación de la investigación.....	4
1.6. Objetivos.....	4
Capítulo II.....	7
Marco teórico	7
2.1. Antecedentes teóricos	7
2.2. Bases teóricas	10
2.2.1. Ingeniería de tránsito.....	10
2.2.2. Semaforización	11
2.2.3. Clasificación de los semáforos.....	11
2.2.4. Flujo vehicular	12
2.2.5. Velocidades.....	13

2.2.6.	Volúmenes	15
2.2.7.	Horario de máxima demanda vehicular	16
2.2.8.	Demanda ajustada	17
2.2.9.	Capacidad vial.....	17
2.2.10.	Cálculos de los tiempos del semáforo.....	18
2.2.11.	Flujo de saturación	27
2.2.12.	Grado de saturación	38
2.2.13.	Grado de saturación crítico	39
2.2.14.	Demoras	40
2.2.15.	Nivel de servicio en intersecciones semaforizadas	43
2.3.	Definición de términos básicos.....	44
Capítulo III.....		46
Materiales y métodos		46
3.1.	Ubicación del área de estudio	46
3.2.	Periodo de estudio	48
3.3.	Procedimiento	48
3.3.1.	Análisis de fases y giros.....	48
3.3.2.	Aforos vehiculares	51
3.3.3.	Procesamiento de datos.....	52
3.3.4.	Cálculo de flujo de saturación de la intersección en estudio	58
3.3.5.	Cálculo de la capacidad de la intersección (Q).....	58
3.3.6.	Cálculo del grado de saturación de la intersección en estudio.....	60
3.3.7.	Demoras	61
3.3.8.	Niveles de servicio	62
3.3.9.	Propuesta de ciclo semafórico variable.....	63

3.3.10. Demoras de la intersección aplicando la propuesta de ciclo semafórico...	72
3.3.11. Nivel de servicio de la intersección con la propuesta de ciclo semafórico	74
Capítulo IV	75
Análisis y discusión de resultados	75
4.1. Flujo vehicular	75
4.1.1. Variación de flujo vehicular.....	75
4.1.2. Distribución de flujo vehicular por sentido de giro	80
4.1.3. Distribución de flujo vehicular por tipo de vehículo	83
4.2. Ciclo semafórico de duración variable	87
4.2.1. Fases y giros del ciclo semafórico	87
4.2.2. Intervalos de cambios de fase y tiempo perdido por ciclo.....	89
4.2.3. Tiempos de ciclo semafórico variable	90
4.3. Discusión de resultados	92
4.3.1. Grado de saturación, demoras y niveles de servicio para la intersección considerando el ciclo semafórico actual.....	92
4.3.2. Grado de saturación, demoras y niveles de servicio para la intersección aplicando propuesta de ciclo semafórico de duración variable	96
4.4. Contrastación de hipótesis	99
4.4.1. Comparativa del grado de saturación.....	99
4.4.2. Comparativa de los niveles de servicio.....	100
4.5. Contrastación de antecedentes	101
Capítulo V.....	103
Conclusiones y recomendaciones	103

5.1. Conclusiones.....	103
5.2. Recomendaciones	104
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	105
ANEXOS	107
ANEXO 1: FOTOS.....	108
ANEXO 2: FICHAS DE RECOJO DE INFORMACIÓN	112
ANEXO 2: PLANOS DE UBICACIÓN	134
ANEXO 3: PLANOS EN PLANTA Y SECCIONES	135

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Factores de equivalencia vehicular según Webster	22
Tabla 2. Cuadro de Factor de ajuste de ancho de carril	28
Tabla 3. Factor por giro a la izquierda y equivalente ADE sin flujo opuesto.....	31
Tabla 4. Factor de ADE (automóvil directo equivalente) con flujo opuesto	32
Tabla 5. F _{rt} y E _r equivalentes ADE para vehículos de giro a la derecha	33
Tabla 6. flpb (factor de peatones y bicicletas para grupos con giro a la izquierda)....	38
Tabla 7. frpb (factor por peatones y bicicleta para grupos con giro a la derecha).....	38
Tabla 8. Valores de factor de progresión	43
Tabla 9. Niveles de servicio para intersecciones según demora	44
Tabla 10. Coordenadas UTM de la intersección en estudio	48
Tabla 11. Coordenadas geográficas de la intersección en estudio	48
Tabla 12. Ficha de Aforo Vehicular.....	51
Tabla 13. Resumen de aforos de la intersección por fase	52
Tabla 14. Cálculo de vehículos equivalentes en intervalos de 15 minutos.....	52
Tabla 15. Ajuste de flujo vehicular por factor de giro en intervalos de 15 minutos...54	
Tabla 16. Resumen de aforo vehicular en intervalos de 1 hora	55
Tabla 17. Clasificación del flujo vehicular expresado en porcentaje (%) por tipo de vehículo.....	56
Tabla 18. Flujo vehicular por fase en periodos de una hora	57
Tabla 19. Cálculo del flujo de saturación por fase.....	58
Tabla 20. Ciclo semafórico actual.....	58
Tabla 21. Capacidad de demanda por fases y por hora de intersección.....	59
Tabla 22. Grado de saturación para ciclo semafórico actual	60

Tabla 23. Cálculo de demoras para intersección para ciclo semafórico actual.....	60
Tabla 24. Nivel de servicio de la intersección para ciclo semafórico actual	62
Tabla 25. Flujos que no presentan o presentan poca oposición al sentido de una fase en verde.....	64
Tabla 26. Ciclo semafórico propuesto – tiempos de verde variables por hora	67
Tabla 27. Demanda ajustada para propuesta de ciclo semafórico	69
Tabla 28. Cálculo del grado de saturación para propuesta de ciclo semafórico	70
Tabla 29. Cálculo de demoras para propuesta de ciclo semafórico	72
Tabla 30 . Nivel de servicio para intersección para la propuesta de ciclo semafórico	74
Tabla 31. Resumen del aforo vehicular empleado en el estudio distribuido por fase en intervalos de 15 minutos	75
Tabla 32. Cálculo de vehículos equivalentes en intervalos de 15 minutos.....	80
Tabla 33. Variación de la composición del flujo vehicular de la Fase 1 por tipo de vehículo en intervalos de 1 hora	83
Tabla 34. Variación de la composición del flujo vehicular de la Fase 1 en porcentajes por tipo de vehículo en intervalos de 1 hora	84
Tabla 35. Variación de la composición del flujo vehicular de la Fase 2 por tipo de vehículo en intervalos de 1 hora	84
Tabla 36. Variación de la composición del flujo vehicular de la Fase 2 en porcentajes por tipo de vehículo en intervalos de 1 hora	85
Tabla 37. Variación de la composición del flujo vehicular de la Fase 3 por tipo de vehículo en intervalos de 1 hora	85
Tabla 38. Variación de la composición del flujo vehicular de la Fase 3 en porcentajes por tipo de vehículo en intervalos de 1 hora	86

Tabla 39. Resumen de periodos según su nivel de servicio por hora	89
Tabla 40. Variación de tiempos verdes por hora	90
Tabla 41. Grado de saturación, tiempo de demora y nivel de servicio por cada hora considerando el ciclo semafórico actual	92
Tabla 42. Resumen de periodos con un grado de saturación superior a 1	95
Tabla 43. Grado de saturación, tiempo de demora y nivel de servicio por cada hora considerando propuesta de ciclo semafórico variable	96
Tabla 44. Resumen de periodos con un grado de saturación superior a 1	99
Tabla 45. Resumen de resultados.....	99
Tabla 47. Resumen comparativo de periodos según su nivel de servicio por hora ..	100
Tabla 47. Coordenadas de estación para levantamiento topográfico	115
Tabla 48. Datos de levantamiento topográfico	116
Tabla 49. Aforos vehiculares	119
Tabla 50. Resumen de aforo vehicular en intervalos de 1 hora	133

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo semafórico de 2 fases	19
Figura 2. Intervalo de cambio de fase	20
Figura 3. Modelo básico del flujo de saturación	24
Figura 4. Ubicación del Departamento, Provincia y Distrito de Cajamarca	46
Figura 5. Ubicación de intersección en estudio	47
Figura 6. Ubicación Geográfica de la intersección en estudio	47
Figura 7. Fases y giros de intersección en estudio. (Fase I en verde)	49
Figura 8. Fases y giros de intersección en estudio. (Fase II en verde)	49
Figura 9. Fases y giros de intersección en estudio. (Fase III en verde)	50
Figura 10. Esquema de ciclo semafórico – tiempos de cambios de color	50
Figura 11. Flujos aforados en intersección en estudio	51
Figura 12. Flujo que no presentan oposición al sentido de la fase I en verde.	64
Figura 13. Flujo que no presentan oposición al sentido de la fase II en verde.	65
Figura 14. Flujo que no presentan oposición al sentido de la fase III en verde	65
Figura 15. Esquema de cambio de tiempos del ciclo semafórico propuesto	66
Figura 16. Esquema de variación de tiempos verdes por fase del ciclo semafórico propuesto	68
Figura 17. Histograma de flujo vehicular de día viernes en periodos de 15 min, fase I	77
Figura 18. Histograma de flujo vehicular de día viernes en periodos de 15 min, fase II	78
Figura 19. Histograma de flujo vehicular de día viernes en periodos de 15 min, fase III	79
Figura 20. Distribución de flujo vehicular por sentido de giro, fase I	82

Figura 21. Distribución de flujo vehicular por sentido de giro, fase II.....	82
Figura 22. Distribución de flujo vehicular por sentido de giro, fase III	82
Figura 23. Fases y giros de intersección para propuesta de ciclo (Fase I).....	87
Figura 24. Fases y giros de intersección para propuesta de ciclo (Fase II)	87
Figura 25. Fases y giros de intersección para propuesta de ciclo (Fase III)	88
Figura 26. Esquema para propuesta de ciclo	88
Figura 27. Propuesta de ciclo semafórico, con tiempos de verde que varían en periodos de 1 hora durante el día. (Resumen de la tabla 39 y tabla 40)	91
Figura 28. Grado de saturación y grado de saturación crítico para el periodo de estudio de la intersección en intervalos de 1 hora.....	94
Figura 29. Variación del grado de saturación y grado de saturación crítico para el periodo de estudio de la intersección en intervalos de 1 hora aplicando la propuesta de ciclo semfórico.....	98
Figura 30. Comparativa del nivel de servicio por hora de la intersección con el ciclo semafórico actual y con la implementación de la propuesta de ciclo semafórico variable.....	100
Figura 31. Aforo en la intersección Av. San Martín – Av. Atahualpa	109
Figura 32. Levantamiento topográfico en la intersección Av. San Martín – Jr. Atahualpa	110
Figura 33. Aforado de intersección Av. San Martín – Av. Atahualpa	110
Figura 34. Aforado de intersección Av. San Martín – Av. Atahualpa	111
Figura 35. Aforado de intersección Av. San Martín – Av. Atahualpa	111
Figura 36. Certificado de calibración de estación total	113
Figura 37. Certificado de calibración de estación total	114
Figura 38. Croquis de levantamiento topográfico	115

Figura 39. Medición de del ciclo semafórico real, tomados insitu.	118
---	-----

RESUMEN

La presente tesis se desarrolló en atención a una problemática plenamente identificada, siendo esta, la saturación vehicular en la intersección del Jr. Atahualpa y la Av. San Martín en la ciudad de Cajamarca, por lo cual, se formuló como objetivo principal plantear un ciclo semafórico de duración variable con el fin de disminuir el nivel de saturación en la intersección antes señalada; para determinar las condiciones del tráfico de la intersección se midió la duración de los tiempos y cambios de luces del ciclo semafórico, sus fases, giros y flujos para luego realizar el aforo vehicular, durante el periodo comprendido entre las 6:00 a. m. y las 8:00 p. m.; asimismo, con el fin de conocer sus características geométricas, se llevó a cabo un levantamiento topográfico y con la información recopilada, se procedió al cálculo del grado de saturación empleando los criterios del *Highway Capacity Manual* (HCM 2016), luego se elaboró una propuesta de ciclo semafórico de duración variable que disminuya el grado de saturación. La propuesta de mejora consiste en que los tiempos de verde de cada fase varíen según el flujo de demanda vehicular de cada hora, así como liberar flujos sin oposición mediante señales de pase libre hacia la derecha; la investigación determinó que el ciclo semafórico actual genera un grado de saturación pico de 1.109, y un nivel de servicio “F” con una demora de 96 segundos, y la propuesta de ciclo semafórico disminuye el grado de saturación a 0.994 con un nivel de servicio “D” y un tiempo de demora de 46 segundos, además de reducir la congestión y optimizar la seguridad vial.

Palabras clave: Ciclo semafórico, intersecciones semaforizadas, grado de saturación, nivel de servicio.

ABSTRACT

This thesis was developed in response to a clearly identified problem: vehicular saturation at the intersection of Jr. Atahualpa and Av. San Martín in the city of Cajamarca. Therefore, the main objective was to propose a traffic light cycle of variable duration in order to reduce the level of saturation at the aforementioned intersection. To determine the traffic conditions at the intersection, the duration of the times and changes of the traffic light cycle, its phases, turns, and flows were measured, and then a vehicular count was carried out during the period between 6:00 a.m. and 8:00 p.m. Furthermore, to determine its geometric characteristics, a topographic survey was conducted. Using the collected data, the degree of saturation was calculated using the criteria of the Highway Capacity Manual (HCM 2016). Subsequently, a proposal for a variable-duration traffic signal cycle was developed to reduce the degree of saturation. The proposed improvement consists of varying the green light durations for each phase according to the hourly traffic flow demand, as well as releasing unobstructed flows through free-flow right-turn signals. The investigation determined that the current traffic signal cycle generates a peak saturation level of 1.109 and a level of service "F" with a delay of 96 seconds. The proposed traffic signal cycle reduces the saturation level to 994 with a level of service "D" and a delay of 46 seconds, in addition to reducing congestion and optimizing road safety.

Keywords: traffic light cycle, signalized intersections, degree of saturation, level of service.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

La movilidad urbana es un componente esencial para el desarrollo y la calidad de vida en las ciudades. En Cajamarca, la gestión y la inversión del transporte urbano están a cargo de las entidades públicas; no obstante, la deficiente ejecución de estas funciones ha generado problemas significativos en la red vial, manifestados en desorden vehicular, congestión, incremento de los tiempos de viaje y aumento de la contaminación ambiental, afectando directamente a los ciudadanos (Araujo Mejía, 2020).

Diversos factores, como la falta de planificación integral, las limitaciones económicas, los intereses políticos y la superposición de funciones entre las entidades responsables, han dificultado una gestión eficiente del transporte urbano. Además, los ciclos semafóricos no siempre cumplen su función, ya que en horas punta no permiten el paso total de los vehículos, generando largas colas que invaden intersecciones y provocan alteraciones en la circulación vehicular (Romero, 2018). Esta situación evidencia la necesidad de estudios técnicos que permitan evaluar el funcionamiento del transporte urbano y proponer soluciones que mejoren la movilidad en la ciudad.

En este contexto, la presente investigación, desarrollada en setiembre de 2024, tiene como objetivo analizar el nivel de servicio del transporte urbano en Cajamarca mediante la aplicación de la metodología del Highway Capacity Manual (HCM 2016), utilizando datos de aforo vehicular, características geométricas de la vía y giros permitidos. Este estudio busca proporcionar información relevante que permita optimizar la gestión del tránsito y reducir los problemas de congestión y desorden vial en la ciudad.

1.1.1. Planteamiento del problema

La ineficiente gestión de los semáforos, especialmente por la programación inadecuada de sus fases, se ha convertido en un factor clave en la formación de congestión en las intersecciones urbanas; este problema se agrava cuando los conductores no respetan

las normas de circulación y cuando las autoridades no realizan una planificación vial adecuada, lo que limita el correcto funcionamiento del sistema semafórico. Asimismo, las dificultades generadas por el tráfico impactan negativamente en las actividades económicas locales, limitando los esfuerzos orientados al crecimiento y al desarrollo sostenible de la comunidad, alcanzando a estimarse un perjuicio superior a los 100 millones de soles al año a causa de la congestión vehicular en la ciudad de Cajamarca, mermando directamente la economía en sectores de construcción, agricultura, actividades extractivas y transporte en general, los cuales requieren el menor tiempo posible para trasladarse (GESTIÓN, 2023).

Por otro lado, según Marín Vigo (2021) el sistema de transporte en Cajamarca presenta un nivel de desarrollo insuficiente, por lo que resulta necesaria la implementación de un plan de movilidad sostenible e integrado; esta estrategia permitiría enfrentar el déficit de infraestructura y la carencia de señalización vial, contribuyendo a la consolidación de un sistema de transporte masivo e integrado que optimice la circulación urbana. Lo descrito por el estudio evidencia el caos cada vez creciente en el tráfico vehicular en el centro histórico de la ciudad de Cajamarca, específicamente los jirones Junín, José Sabogal, Antonio Guillermo Urrelo y José Gálvez, los cuales alcanzan los niveles C y D, presentando una reducción de velocidad moderada a alta, con una congestión persistente.

Finalmente, la programación ineficiente de los semáforos en las intersecciones de nuestra ciudad es un problema central que provoca un incremento significativo en el grado de saturación vehicular; Los tiempos fijos de los ciclos no se ajustan a las variaciones del flujo de tráfico, lo que genera congestión, mayores tiempos de espera y disminuye la eficiencia del tránsito. Para abordar esta situación, la implementación de ciclos semafóricos de duración variable se presenta como una solución efectiva, ya que permite

adaptar los tiempos de luz verde y roja según la demanda real del tráfico, reduciendo así la saturación y optimizando el funcionamiento de las intersecciones.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es reducción del grado de saturación en la intersección del Jr. Atahualpa y la Av. San Martín en la ciudad de Cajamarca aplicando un ciclo semafórico variable?

1.3. Hipótesis

Al aplicar un ciclo semafórico de duración variable, se reduce el grado de saturación a un valor menor de 1.00, en la intersección del Jr. Atahualpa y la Av. San Martín, de la ciudad de Cajamarca.

1.4. Justificación de la investigación

La investigación se justifica desde una perspectiva pragmática, mediante la cual se propone una alternativa de solución a una realidad problemática que es completamente evidente y que cada día va en incremento, dicha propuesta obedece a un criterio eminentemente técnico, con elementos analíticos y con verificación empírica, lo cual implica también un elemento social que sustentó la puesta en marcha del presente estudio, pues de forma directa se beneficiarían los habitantes de la ciudad de Cajamarca, cuya población bordea los 250 mil habitantes, incidiendo de forma positiva y directamente en los diversos sectores productivos.

Del mismo modo, en el plano teórico, los hallazgos de la investigación constituyen un elemento valioso y de gran relevancia para las decisiones técnico políticas de las autoridades locales, pues además de constituir una fuente de información, consulta o antecedente para posteriores investigaciones con campos de estudio de similar variable; lo cual fue posible gracias a la utilización de una metodología cuantitativa, de nivel descriptivo, cumpliendo cada uno de los requerimiento propios del método científico y los protocolos de investigación establecidos por nuestra institución de formación.

1.5. Alcances y delimitación de la investigación

El desarrollo de la presente investigación estuvo orientado hacia el análisis del tráfico y congestión vehicular para luego proponer un ciclo semafórico, teniendo como punto de acción a las intersecciones de la avenida San Martín y el jirón Atahualpa, precisamente en el año 2025, dicho punto se ubica en el sector 13 y pertenece al Barrio San Martín en la ciudad de Cajamarca, provincia y región del mismo nombre. Por otro lado, en cuanto a los alcances de la investigación, estará limitado únicamente a la zona de estudio, siendo imposible que esto se generalice hacia otras realidades y/o circunstancias, debido a que cada punto de intersección semaforizado cuenta con características propias e inherentes que merecen un análisis particular y con una metodología propia, tal como se describe en los capítulos.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Proponer un ciclo semafórico de duración variable para reducir el grado de saturación de la intersección el Jr. Atahualpa y la Av. San Martín, de la ciudad de Cajamarca, mejorando su nivel de servicio.

1.6.2. Objetivos específicos

- Medir el ciclo semafórico en la intersección en estudio.
- Determinar el aforo diario de vehículos en la intersección en estudio.
- Determinar el grado de saturación en la intersección en estudio.
- Diseñar un de ciclo semafórico variable.

1.7. Variables

Variable Dependiente: Grado de saturación.

Variable Independiente: Ciclo semafórico.

1.8.Operacionalización de variables

Título: “Propuesta de un ciclo semafórico de duración variable para reducir el grado de saturación de la intersección el Jr. Atahualpa y la Av. San Martín, de la ciudad de Cajamarca”					
Hipótesis	Definición conceptual de las variables.	Definición operacional de las variables			
		Variable	Dimensiones	Indicadores	Fuentes de recolección de datos.
Hipótesis General: Al aplicar un ciclo semafórico de duración variable, se reduce el grado de saturación un 15% en la intersección del Jr. Atahualpa y la Av. San Martín, de la ciudad de Cajamarca.	Ciclo Semafórico: Es el Intervalo de tiempo y de variación para el flujo vehicular. (HCM, 2016)	Variable Independientes: Ciclo Semafórico.	Tiempo de cambio del Ciclo Semafórico.	Cálculo Manual.	Conteo manual de tiempo.
	Grado de saturación: es la relación entre la tasa de flujo y la capacidad de las vías de comunicación terrestres. (HCM, 2016) Flujo Vehicular: Transito que recorre una vía. (HCM, 2016) Densidad Vehicular: Número de Vehículos que transitan una vía. (HCM, 2016)	Variable Dependientes: Grado de saturación	Tasa de flujo vehicular/ Capacidad vehicular de la vía	Porcentaje	Cálculo manual.

1.9. Matriz de consistencia

Título: “Propuesta de un ciclo semafórico de duración variable para reducir el grado de saturación de la intersección el Jr. Atahualpa y la Av. San Martín, de la ciudad de Cajamarca”						
Formulación del Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables/ Categorías	Dimensiones/ Factores	Indicadores	Metodología
Pregunta General: ¿Cuál es reducción del grado de saturación en la intersección del Jr. Atahualpa y la Av. San Martín en la ciudad de Cajamarca aplicando un ciclo semafórico variable?	Objetivo General: Proponer un ciclo semafórico de duración variable para reducir el grado de saturación de la intersección el Jr. Atahualpa y la Av. San Martín, de la ciudad de Cajamarca	Hipótesis General: Al aplicar un ciclo semafórico de duración variable, se reduce el grado de saturación un 15% en la intersección del Jr. Atahualpa y la Av. San Martín, de la ciudad de Cajamarca.	Variables Independiente: Ciclo semafórico.	Tiempo de cambio de colores, del ciclo semafórico	Población: Intersecciones semaforizadas que existen en la ciudad de Cajamarca, y los flujos vehiculares que transitan por ellas.	Tipo de Investigación: Cuantitativo - Descriptivo.
	Objetivos Específicos: Determinar el aforo diario de vehículos en la intersección en estudio. Medir los ciclos semafóricos presentes en la intersección en estudio. Determinar los niveles de servicio para la intersección en estudio.					
			Variable Dependiente: Grado de saturación.	Tasa de flujo vehicular/Capacidad vehicular de la vía	Muestra: Intersección semaforizada del Jr. Atahualpa con la Av. San Martín de la ciudad de Cajamarca, y el flujo vehicular que transita por ella.	Diseño Específico: Correlacional.

1.10. Descripción de los contenidos de los capítulos

Capítulo I

Introducción: en este capítulo se hace una descripción del problema, se formula el problema, las variables, la hipótesis, los objetivos, justificación y el alcance de la investigación.

Capítulo II

Marco teórico: en este capítulo se encuentran los antecedentes de investigaciones similares a nivel local, nacional e internacional, las bases teóricas que emplearemos en el desarrollo de esta investigación y la definición de términos básicos.

Capítulo III

Materiales y métodos: en este capítulo se indica la ubicación del área de estudio, el período en el que se realizó la investigación y el procedimiento.

Capítulo IV

Análisis y discusión: luego de obtenido los resultados en este capítulo se encuentra la discusión y contraste entre los resultados obtenidos en otras investigaciones referenciadas, así como entre la hipótesis planteada.

Capítulo V

Conclusiones y recomendaciones: en este capítulo se encuentran las principales conclusiones que deja la investigación y algunas propuestas y recomendaciones para poder confrontar la realidad problemática.

Capítulo II

Marco teórico

2.1. Antecedentes teóricos

2.1.1. *A nivel Internacional*

Ortiz Pachar (2023), en Ecuador, desarrolló un estudio del tráfico y soluciones al congestionamiento vehicular en la Av. Paseo de los Cañaris y Cacique Chamba, durante las 24 horas a lo largo de una semana en una intersección de avenidas con alto tráfico vehicular para luego proponer alternativas de solución, para lo cual empleó una metodología de investigación de campo, análisis de servicio, además de modelar un software para la simulación de tráfico; los resultados evidencian que una inadecuada configuración semafórica sumado a una deficiente señalización horizontal y vertical vuelve más complicada y menos fluida la circulación, luego de la modelación se verificó que el flujo puede pasar de los niveles C y D a lograr un nivel A, siempre y cuando se incremente 5 segundos en los ciclos de semáforos.

Moya Agud (2023), en su tesis: “Impacto del largo del ciclo semafórico en la operación de buses de transporte público”, desarrollado en la ciudad de Santiago de Chile analiza el desempeño de diferentes programaciones semafóricas mediante la variación del tiempo total de ciclo, el porcentaje de reparto y los desfases temporales. Para ello, realiza microsimulaciones empleando un modelo de seguimiento vehicular, el cual es calibrado a partir del análisis de las trayectorias de los vehículos y la modelación de parámetros específicos para automóviles y buses. Los resultados evidencian que los ciclos semafóricos más cortos, cercanos a 40 y 60 segundos, permiten reducir los tiempos de viaje hasta en un 50 % en comparación con ciclos superiores a 60 segundos.

Según un estudio de la Universidad Politécnica de Valencia (2024), la implementación de estrategias de control en la rotonda El Saler en la ciudad de Valencia

demostró que es posible mejorar el flujo vehicular no solo en los accesos más saturados, sino también en los adyacentes, al generar espacios que facilitan un tránsito más fluido. La investigación estimó que estas medidas podrían reducir hasta un 60% los tiempos de circulación, optimizando la movilidad y disminuyendo la congestión en los momentos de mayor demanda.

2.1.2. A Nivel Nacional

Basurto e Yzaguirre (2019) en su tesis: “Propuesta de un sistema de semaforización para reducir el grado de saturación en las intersecciones de Av. Angamos este con Av. República de Panamá, Av. Tomás Marsano y Av. Aviación; a través de la metodología del Ramp Metering. Lima”, concluyeron que la congestión y la longitud de las colas en las intersecciones disminuyeron significativamente gracias a la implementación de un ciclo semafórico ajustado a las condiciones del flujo vehicular. En su propuesta, se estructuraron fases independientes para las vías principales y secundarias, lo que permitió atender de manera diferenciada las demandas de cada acceso. Además, los tiempos de verde fueron optimizados para mejorar la circulación y reducir los niveles de saturación, logrando una mayor fluidez en el tránsito y un mejor desempeño de la intersección. Estas modificaciones demostraron que la adaptación de los ciclos semafóricos a la movilidad real del tráfico es una estrategia efectiva para disminuir demoras y mejorar el nivel de servicio.

En la tesis titulada “Optimización del flujo vehicular en la intersección vial de la Av. Circunvalación Oeste con la Av. Jorge Chávez de la ciudad de Juliaca, 2023”, Lizárraga (2024) propone mejorar la circulación vehicular en dicha intersección mediante el análisis de los niveles de servicio y la aplicación de simulaciones con ciclos semafóricos variables. Para ello, se emplearon tiempos de ciclo semiautomáticos de 62 segundos para la luz verde, 30 segundos para la luz roja y 3 segundos para la luz amarilla,

logrando así disminuir los tiempos de espera y optimizar el tránsito, elevando el nivel de servicio de E y F a D.

Guzmán y Zevallos (2022), en su tesis analizan diversas propuestas de solución bajo distintos escenarios para las intersecciones semaforizadas ubicadas entre la Av. Sullana y la Av. Gullman de la ciudad de Piura, utilizando la metodología del HCM 2010. El estudio se enfoca en la sincronización de los dispositivos de control del tránsito en ambos sentidos de la avenida, obteniendo resultados favorables al alcanzar niveles de servicio B y C, con grados de saturación de 0.80 en la Av. Sullana y 0.83 en la Av. Gullman. Estos resultados se lograron mediante la implementación de un ciclo semafórico mejor ajustado al comportamiento del flujo vehicular existente en el tramo analizado.

2.1.3. A Nivel Local

Araujo Mejía (2020), en su tesis: “Nivel de servicio de la semaforización en las intersecciones de la Av. Atahualpa – Av. San Martín de Porres y Av. Vía de Evitamiento Norte – Av. Angamos en la ciudad de Cajamarca”, investigación dirigida a determinar los niveles de servicio de estas intersecciones realizó aforos vehiculares y peatonales que determinó el flujo presente en estas vías determinando el inventario de semaforización; la investigación evidenció un retraso promedio de 68,152 segundos por cada vehículo (nivel de servicio E) en la intersección de Evitamiento Norte y Angamos, mientras que en el cruce de Av. Atahualpa y San Martín la demora promedio fue 189,858 segundos por unidad vehicular (nivel de servicio F); por lo tanto, en ambas intersecciones presentan un tráfico deficiente y evidencian urgente reestructuración del sistema de semaforización.

Llanos (2018) en su tesis: “Análisis del nivel de servicio de las intersecciones semaforizadas con mayor afluencia de la Av. Hoyos Rubio. Cajamarca”, indica que el análisis detallado de las condiciones operativas de las intersecciones permitió proponer medidas de mejora basadas en restricciones operativas, adecuaciones geométricas y la

optimización de los ciclos semafóricos. La aplicación de estas acciones generó una reducción significativa en las demoras promedio por vehículo, logrando pasar de un nivel de servicio F en la situación actual a un nivel D en la situación propuesta. Este avance evidencia una mejora teórica en la funcionalidad de las intersecciones evaluadas, especialmente en los accesos vinculados a la Av. Hoyos Rubio, resultados que se respaldan en las tablas resumen presentadas en su estudio.

Alcántara (2018) en su tesis: “Análisis del nivel de servicio y capacidad vehicular de la avenida san martín de porres, ubicada entre la Avenida Atahualpa y la Avenida Argentina, aplicando la metodología del HCM 2000. Cajamarca”, analizó los niveles de servicio críticos en estos tramos obteniendo que el segmento I presentó un nivel de servicio E y el segmento II un nivel F, con capacidades de 1600 y 1356 veh/h respectivamente. Asimismo, señala que la variación del flujo vehicular, especialmente en horas de alta demanda, agrava la saturación y disminuye el desempeño de la vía. Entre las medidas sugeridas, se plantea la optimización de la sincronización semafórica y la ampliación o adecuación de la capacidad en el segmento II para mejorar la fluidez y elevar el nivel de servicio.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Ingeniería de tránsito

La ingeniería de tránsito constituye una especialidad dentro de la ingeniería civil que se ocupa de planificar y diseñar carreteras, calles y autopistas, así como de estudiar su interacción con los distintos medios de transporte, con el propósito de asegurar una circulación eficiente (Alcántara, 2018).

2.2.2. *Semaforización*

La ingeniería de tránsito constituye una especialidad dentro de la ingeniería civil que se ocupa de planificar y diseñar carreteras, calles y autopistas, así como de estudiar su interacción con los distintos medios de transporte, con el propósito de asegurar una circulación eficiente. (Alcántara, 2018)

2.2.3. *Clasificación de los semáforos*

En entornos urbanos y rurales, los semáforos que regulan el tránsito se clasifican principalmente en cuatro tipos:

Semáforos de tiempos fijos: Su ciclo, duración y secuencia de fases permanecen constantes, definidos por un programa preestablecido. Estos semáforos pueden contar con distintos programas que se ajustan según la hora del día, permitiendo adaptarse a las variaciones en la demanda del tráfico (Araujo, 2020).

Semáforos totalmente accionados por el tránsito: En este caso, la duración de cada fase y, en ocasiones, su orden se determina según la demanda real de la intersección, detectada mediante sensores como lazos inductivos, neumáticos o infrarrojos. Todos los accesos de la intersección pueden activar el semáforo según la presencia de vehículos (Araujo, 2020).

Semáforos semi accionados por el tránsito: Este tipo de control permite la activación desde uno o varios accesos y se emplea en intersecciones donde la vía principal presenta altos volúmenes de tránsito y velocidad elevada, mientras que las vías secundarias registran flujo menor. Generalmente, la luz verde se mantiene en la vía principal y solo cambia hacia la secundaria cuando se detecta la presencia de vehículos o peatones (Araujo, 2020).

Semáforos controlados por computador: Estos sistemas no solo gestionan las señales de fase a nivel local, sino que incorporan funciones adicionales como la priorización de vehículos de emergencia mediante bandas verdes, emisión de mensajes variables sobre condiciones del tránsito, información sobre estacionamientos disponibles, conteo automático del flujo vehicular y supervisión del funcionamiento de los controladores. Además, pueden integrarse en sistemas coordinados que respondan a la demanda en tiempo real (Araujo, 2020)

2.2.4. *Flujo vehicular*

El flujo vehicular se define como la cantidad de vehículos que circulan por un tramo de vía durante un periodo determinado. Sus variables fundamentales son el volumen, que indica el número de vehículos que pasan por un punto en un intervalo específico; la velocidad, que refleja la rapidez promedio de los vehículos; y la densidad, que representa la cantidad de vehículos por unidad de longitud de vía.

Estas variables se relacionan mediante la ecuación fundamental del tráfico:

$$\text{flujo} = \text{densidad} \times \text{velocidad} \dots (01)$$

Lo que permite analizar diferentes condiciones de operación, desde flujo libre hasta saturación o congestión. El HCM 2016 utiliza estos parámetros para evaluar la eficiencia de las vías, estimar su capacidad máxima y determinar el nivel de servicio, proporcionando una base cuantitativa para el diseño, planificación y gestión del tránsito. (HCM, 2016)

2.2.5. Velocidades

2.2.5.1. Velocidad en general. La velocidad se entiende como la relación entre la distancia recorrida y el tiempo empleado en recorrerla. En el caso de un vehículo, indica su movimiento y suele expresarse en kilómetros por hora (km/h). Cuando la velocidad es constante, se puede representar como una función lineal de la distancia respecto al tiempo, descrita mediante la siguiente fórmula:

Dónde:

$$v = \frac{d}{t} \dots(02)$$

Velocidad constante (Km/h).

Distancia recorrida (Km).

Tiempo de recorrido (horas).

2.2.5.2. Velocidad de punto. Se denomina velocidad de punto a la velocidad que presenta un vehículo al momento de pasar por un punto específico de una vía o calle. Esta medida corresponde al valor de la velocidad en el instante exacto del paso.

2.2.5.3. Velocidad media temporal. La velocidad media temporal se define como el promedio aritmético de las velocidades puntuales de todos los vehículos, o de una muestra de ellos, que transitan por un punto específico de una vía durante un intervalo de tiempo determinado. Este cálculo permite obtener una distribución temporal de las velocidades en el punto de observación. Para datos de velocidades puntuales no agrupados, la velocidad media temporal se expresa matemáticamente mediante la siguiente fórmula:

$$V_{mt} = \frac{\sum_{i=1}^n v_i}{n} \dots(03)$$

Dónde:

Velocidad media temporal (Km/h).

Velocidad del vehículo i (Km/h).

n: número total de vehículos observados o tamaño de la muestra.

2.2.5.4. Velocidad media espacial. La velocidad media temporal corresponde al promedio aritmético de las velocidades instantáneas de todos los vehículos, o de una muestra representativa, que circulan por un punto determinado de una vía durante un intervalo de tiempo específico. Este enfoque permite analizar la distribución temporal de las velocidades en el punto de observación. Para datos de velocidades puntuales no agrupados, la velocidad media temporal se puede expresar matemáticamente mediante la siguiente fórmula:

$$ve = \frac{d}{t} \quad \dots(04)$$

Donde:

Ve: Velocidad media espacial.

d: Distancia recorrida.

t: Tiempo promedio de recorrido.

$$t = \text{Tiempo Recorrido} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n} \quad \dots(05)$$

2.2.5.5. Velocidad de recorrido. La velocidad media de recorrido, también denominada velocidad global o de viaje, se calcula dividiendo la distancia total recorrida entre el tiempo total empleado en el desplazamiento. Este tiempo incluye las demoras operacionales ocasionadas por la vía, el tránsito o los dispositivos de control, pero no considera pausas fuera de la vía, como paradas en gasolineras o restaurantes. Para un conjunto de vehículos, la velocidad media de recorrido se obtiene sumando las distancias recorridas y dividiéndolas entre la suma de los tiempos de viaje; si todos recorren la misma distancia, basta con dividir la distancia entre el tiempo promedio. Esta velocidad, basada en la distancia, es útil para comparar la fluidez del tránsito en diferentes rutas.

2.2.6. Volúmenes

Es el número total de vehículos que circulan por un punto específico de la vía durante un intervalo de tiempo determinado, el cual puede variar, generalmente se expresa en términos anuales, diarios, por hora o en periodos más cortos. (Silva, 2018)

$$Q = \frac{N}{T} \dots(06)$$

Donde:

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

N: número total de vehículos que pasan (Veh)

T: periodo determinado (Seg)

2.2.6.1. Volúmenes de tránsito horarios. Según la hora seleccionada, se pueden definir distintos volúmenes de tránsito horarios, expresados en vehículos por hora (Araujo, 2020):

- **Volumen horario máximo anual (VHMA):** Corresponde al mayor volumen de vehículos que atraviesa un punto o sección de un carril o calzada durante un año, es decir, la hora de mayor tránsito dentro de las 8,760 horas del año.
- **Volumen horario de máxima demanda (VHMD):** Representa el mayor número de vehículos que pasan por un punto o sección de la vía durante 60 minutos consecutivos, reflejando los períodos de mayor demanda que pueden registrarse en un día específico.

2.2.7. Horario de máxima demanda vehicular

El factor de hora pico (FHP) refleja la variación del flujo vehicular dentro de una hora. Las observaciones muestran que los volúmenes medidos durante los 15 minutos de mayor tránsito dentro de la hora no se mantienen constantes a lo largo de toda la hora. Al calcular la tasa de flujo, se emplea el FHP para considerar esta fluctuación. En vías multicarriles, los valores típicos del factor oscilan entre 0,80 y 0,95; los valores bajos suelen encontrarse en zonas rurales, mientras que los altos son característicos de entornos urbanos y suburbanos durante la hora pico. Siempre que sea posible, se recomienda utilizar datos de campo para determinar el FHP bajo condiciones locales. Matemáticamente, el factor de hora pico se define como la relación entre el volumen horario de máxima demanda (VHMD) y el flujo máximo ($q_{\max}$) registrado en un intervalo específico dentro de esa hora.

$$FHP = \frac{VHMD}{q_{\max} * N} \quad \dots (07)$$

Donde:

VHMD: Volumen Horario de Máxima Demanda Vehicular

N: Número de períodos durante la hora de máxima demanda

q máx.: Flujo o demanda vehicular máxima por periodo en la hora de máxima demanda.

El factor de hora pico refleja las características del flujo vehicular durante los periodos de máxima demanda. Un valor igual a 1 indica que el flujo es uniforme a lo largo de la hora, mientras que valores bajos señalan que el flujo se concentra en intervalos más cortos dentro de la hora.

2.2.8. Demanda ajustada

La demanda ajustada, son la cantidad de vehículos que necesitan transitar por la intersección, esto se calcula con el aforo de la intersección en intervalos de tiempo por hora, y multiplicando este valor por el factor de máxima demanda vehicular (FHMD)

$$q = \frac{q_{total}}{FHMD} \quad \dots(08)$$

Dónde:

q = demanda ajustada (veh p/h)

q_{total} = flujo vehicular aforado en periodos de 1 hora (veh p/h)

FHMD = factor horario de máxima demanda (0.95).

2.2.9. Capacidad vial

La capacidad vial (Q_{máx}) se define como la máxima tasa de flujo vehicular que una vía puede admitir en un periodo determinado. En términos operativos, representa el número más alto de vehículos que es posible movilizar a través de un punto específico de un carril o calzada durante un intervalo temporal, bajo las condiciones vigentes de la infraestructura y de los sistemas de control. Para los estudios de capacidad, se suele emplear un intervalo de 15 minutos, por considerarse el periodo mínimo en el cual puede mantenerse un flujo estable y representativo. Asimismo, la infraestructura vial puede clasificarse en sistemas de circulación continua caracterizados por la ausencia de elementos que interrumpan el tránsito, y sistemas de circulación discontinua, en los cuales dispositivos fijos, tales como semáforos o señales de detención, generan interrupciones regulares en el flujo vehicular.

2.2.9.1. Capacidad vial de intersecciones semaforizadas. La capacidad vial de una intersección (QC) es la cantidad de vehículos que pueden ocupar una intersección la cual puede estar regulada por un semáforo, señal de prioridad. Por ende, el QC depende de la forma de regulación o control de flujos que llegan al área común.

2.2.9.2. Capacidad del grupo de carriles. La capacidad de un determinado grupo de carriles sirve a un movimiento de tráfico, y para los cuales no están permitidos movimientos de giro a la izquierda, es definido por la ecuación:

$$Q = s * \frac{g}{c} \quad \dots (09)$$

Donde:

Q: Es la capacidad (veh/h)

S: Flujo de saturación

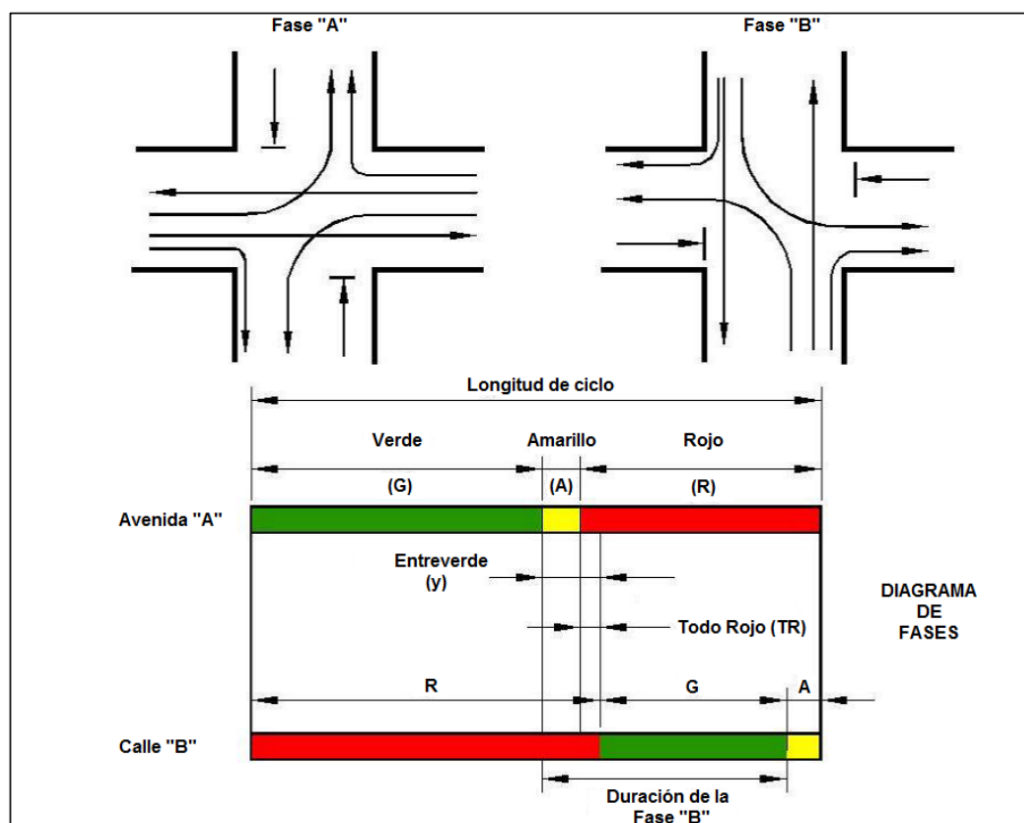
g: tiempo en verde efectivo del ciclo por fase

C: Duración de ciclo

2.2.10. Cálculos de los tiempos del semáforo

Para calcular los tiempos de un ciclo semafórico es necesario que cada fase permita la mayor cantidad de movimientos simultáneos posible, con el fin de minimizar las demoras y aumentar la capacidad de atención vehicular en la intersección. Asimismo, el número de fases debe mantenerse en el mínimo indispensable, procurando que la selección y secuencia de los movimientos reduzcan tanto la frecuencia de puntos de conflicto como los retrasos asociados. En este proceso, una fase se establece desde el inicio del ámbar, que indica la pérdida del derecho de paso para ciertos movimientos, hasta el final del verde correspondiente a los movimientos que lo conservan; por ello, el cálculo del ciclo debe integrar los intervalos de ámbar, todo rojo y verde de cada fase.

Figura 1
Ciclo semafórico de 2 fases



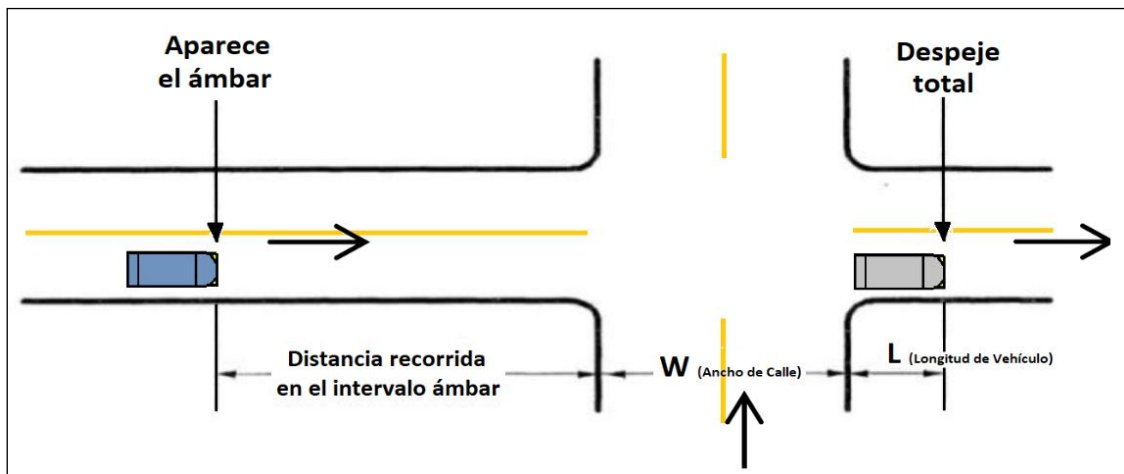
Nota. Figura tomada de Llanos (2018, p. 14). El ciclo semafórico de dos fases se basa en los volúmenes vehiculares, lo que permite distribuir los tiempos de verde de forma proporcional a la demanda y optimizar el desempeño operacional de la intersección.

La asignación del tiempo en cada fase semafórica debe guardar una relación proporcional con los volúmenes de tránsito asociados a los movimientos que regula. En este sentido, tanto la duración de cada fase como la del ciclo completo están determinadas por la magnitud de la demanda vehicular. Cuando, durante la hora de máxima demanda, los intervalos entre vehículos que acceden a la intersección son semejantes en los carriles críticos de las vías convergentes, la distribución del tiempo de luz verde será adecuada si se asignan lapsos directamente proporcionales al volumen de tránsito registrado en dichos carriles críticos.

2.2.10.1. Intervalo de cambio de fase. La función del intervalo de cambio de fase, es la de alertar a los usuarios de un cambio en la asignación del derecho al uso de la intersección del derecho al uso de la intersección. Para calcular el intervalo de cambio de fase, que considere el tiempo de reacción del conductor, tiempo y espacio de deceleración y el tiempo necesario de despeje de la intersección.

Figura 2

Intervalo de cambio de fase



Nota. Figura tomada de Amelunge (2018).

Para calcular el intervalo de cambio de fase se emplea la ecuación:

$$y = \left(t + \frac{v}{2a} \right) + \left(\frac{W+L}{v} \right) \quad \dots(10)$$

Donde:

y = intervalo de cambio de fase, ámbar mas todo rojo (s)

t = tiempo de percepción-reacción del conductor (usualmente 1.00 s)

v = velocidad de aproximación de los vehículos (m/s)

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

W = ancho de la intersección (m)

L = longitud del vehículo (valor sugerido 6.10 m)

2.2.10.2. Tiempo óptimo de ciclo. F. V. Webster, a partir de observaciones de campo y simulaciones que abarcan un amplio rango de condiciones de tránsito, demostró que la demora total de los vehículos en una intersección semaforizada alcanza su valor mínimo cuando se utiliza una longitud de ciclo óptima determinada por:

$$C_o = \frac{1.5L + 5}{1 - \sum_{i=1}^{\phi} Y_i} \quad \dots(11)$$

Donde:

C_o = tiempo óptimo de ciclo (s)

L = tiempo total perdido por ciclo (s)

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

ϕ = número de fases

El intervalo de valores considerados aceptables para la duración de un ciclo semafórico se sitúa entre el 75% y el 150% del ciclo óptimo, garantizando que las demoras no superen en más del 10% a 20% la demora mínima. En el presente estudio, se empleará esta variación para estimar la capacidad máxima de vehículos por hora (VHMD) en cada intersección.

2.2.10.3. Vehículos equivalentes.

La variación del volumen de tránsito debido a la presencia de diferentes tipos de vehículos se ajusta mediante los factores de equivalencia vehicular, según lo propuesto por Webster. Dado que en una intersección circulan vehículos con distintas dimensiones y características de movimiento, estos factores permiten evaluar todos los vehículos como si fueran uniformes, considerando tanto los más pequeños como los más grandes en relación con el promedio.

De esta manera, los factores de equivalencia facilitan un análisis más preciso del flujo vehicular y del comportamiento del tráfico en la intersección.

Tabla 1

Factores de equivalencia vehicular según Webster

Tipo de Vehículo	Factores de equivalencia vehicular
Vehículos pesado mediano.	1.75
Bus	2.25
Camión	2.5
Auto	1
Moto	0.33
Bicicleta	0.2

Nota.: Principios sobre semáforos, Víctor Gabriel Valencia Alaix de WEBSTER. (1966) Traffic Signals. Road Research Technical Paper Núm. 56. Road Research Laboratory, London. Traducción al español por el Ing. Luis Domínguez Pommerencke.

Si todos los vehículos que atraviesan una intersección semaforizada fueran automóviles que continúan de manera recta, las tasas máximas de flujo se mantendrían aproximadamente constantes. No obstante, en la práctica, la presencia de vehículos pesados y de movimientos hacia la izquierda o derecha complica la situación. Para considerar estos efectos, se emplean factores de equivalencia que ajustan el flujo vehicular. En particular, el factor de ajuste por vehículos pesados se determina mediante la siguiente expresión:

$$f_{VP} = \frac{100}{100 + P_C(E_C - 1) + P_B(E_B - 1)} \quad \dots(12)$$

Donde:

f_{vp} = factor de ajuste por efecto de vehículos pesados

P_C = porcentaje de camiones

P_B = porcentaje de autobuses

EC = automóviles equivalentes a un camión

EB = automóviles equivalentes a un autobús.

Los vehículos pesados o comerciales, como camiones y autobuses, requieren más tiempo para atravesar una intersección debido a su mayor longitud y menor capacidad de aceleración en comparación con los automóviles. Para representarlos en términos de automóviles equivalentes, se utilizan los factores EC (camiones) y EB (autobuses), que generalmente varían entre 1,4 y 1,6, adoptándose un valor promedio de 1,5.

Asimismo, es necesario considerar factores de equivalencia por maniobras de giro, ya que los vehículos que realizan vueltas consumen más tiempo que los que siguen de frente. Estos factores, EV, permiten convertir los automóviles que giran en automóviles equivalentes rectos, con valores típicos de 1,4 a 1,6 para giros a la izquierda y de 1,0 a 1,4 para giros a la derecha.

Además, los volúmenes horarios de máxima demanda (VHMD) deben ajustarse a tasas de flujo (q) mediante el factor de la hora de máxima demanda (FHMD), para el cual se recomienda un valor de 0,95 en el diseño de planes semafóricos. De este modo, los volúmenes horarios mixtos se transforman en flujos de automóviles equivalentes por hora que continúan de frente (q_{ADE}), utilizando la expresión correspondiente para su cálculo:

$$q_{ADE} = \frac{VHMD}{FHMD} \left(\frac{1}{f_{VP}} \right) (E_V) \dots(13)$$

2.2.10.4. Flujo de saturación y tiempo perdido

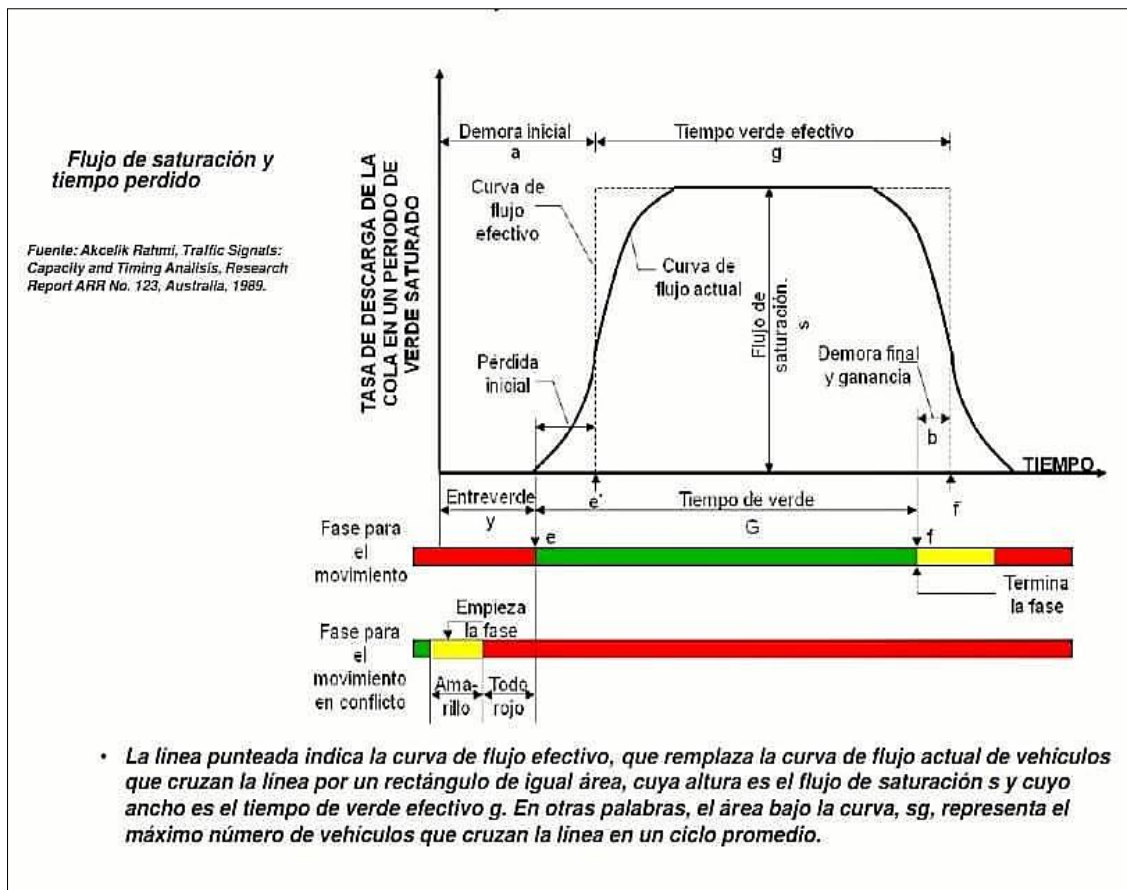
Cuando el semáforo cambia a verde, el paso de los vehículos aumenta rápidamente hasta alcanzar el flujo de saturación, que se mantiene constante mientras persista la fila o dure el verde. Al inicio, la tasa es menor debido a la aceleración de los vehículos, y al final disminuye por la desaceleración. Este comportamiento se representa mediante un modelo simplificado de flujo efectivo, donde la curva real se reemplaza por un rectángulo

de igual área, con altura igual al flujo de saturación s y ancho al verde efectivo g . El producto $s \cdot g$ indica el número máximo de vehículos que cruzan la línea en un ciclo promedio. La diferencia entre el inicio del verde G y el verde efectivo g (ee') se considera pérdida inicial, y la diferencia al final del verde (ff') se considera ganancia final, definiendo así el verde efectivo para la fase i es:

$$g_i = G_i + ff' - ee' \quad \dots(14)$$

Figura 3

Modelo básico del flujo de saturación



Nota. Figura tomada de Amelunge (2018).

La demora inicial “a”, se define como la suma del tiempo entre verde o intervalo de cambio de fase “ y_i ” y la pérdida inicial ee' :

$$a = y_i + ee' \quad \dots(15)$$

La demora final b , se define simplemente como la ganancia final ff' :

$$b = ff' \quad \dots(16)$$

Entonces, el tiempo perdido por fase, l_i , es la diferencia entre la demora inicial, y la ganancia final:

$$l_i = a - b$$

$$l_i = y_i + ee' - ff' \quad \dots(17)$$

De la ecuación (14)

$$ee' - ff' = G_i - g_i \quad \dots(18)$$

Reemplazando en (17)

$$l_i = y_i + G_i - g_i \quad \dots(19)$$

Por lo general, el intervalo de cambio de fase y_i de una fase i es igual al intervalo “Amarillo” A_i :

$$y_i = A_i \quad \dots(20)$$

Reemplazando en la ecuación:

$$l_i = y_i + G_i - g_i \quad \dots(21)$$

Por lo tanto, la ecuación (17) transforma en:

$$l_i = G_i + A_i - g_i \quad \dots(22)$$

Si se supone que la pérdida inicial ee' es igual a la ganancia final ff' , entonces:

$$g_i = G_i$$

$$l_i = y_i = A_i \quad \dots(23)$$

El tiempo total L perdido es:

$$L = \left(\sum_{i=1}^{\varphi} l_i \right) + TR \quad \dots(24)$$

Donde TR representa el tiempo total de todo rojo durante el ciclo, en caso de existir.

2.2.10.5. Asignación de tiempos verdes. El tiempo verde efectivo total g_T , disponible por ciclo para todos los accesos de la intersección, está dado por:

$$g_T = C - L = C - \left[\left(\sum_{i=1}^{\varphi} l_i \right) + TR \right] \quad \dots(25)$$

Donde:

g_T : Tiempo verde efectivo total por ciclo disponible para todos los accesos.

C: Longitud actual del ciclo. (Redondeado a los 5 segundos más cercanos).

Para obtener una demora total mínima en la intersección, el tiempo verde efectivo total g_T debe distribuirse entre las diferentes fases en proporción a sus valores de Y_i , así:

$$g_i = \frac{Y_i}{\sum_{i=1}^{\varphi} Y_i} (g_T) = \frac{Y_i}{Y_1 + Y_2 + \dots + Y_{\varphi}} (g_T) \quad \dots(26)$$

Donde es el valor máximo de la relación entre el flujo actual y el flujo de saturación, para el acceso o movimiento o carril crítico de cada fase i . De la ecuación 7, el tiempo verde real G_i para cada fase i se obtiene como:

$$G_i = g_i + l_i - A_i \quad \dots(27)$$

Para 2 fases de la vía una vía tendríamos:

$$\begin{aligned}G_1 &= g_1 + l_1 - A_1 \\G_2 &= g_2 + l_2 - A_2 \quad \dots(28)\end{aligned}$$

2.2.11. Flujo de saturación

Para hallar el flujo de saturación se necesita calcularlo con la ecuación mostrada a continuación.

Ecuación: Ecuación del Flujo de Saturación

$$S = S_o f_w f_{HV} f_g f_p f_{bb} f_a f_{LU} f_{LT} f_{RT} f_{Lpb} f_{Rpb} \dots(29)$$

Donde:

S_o : Flujo de saturación base

f_w : Factor ajuste ancho de carril unidad

f_{HV} : Factor por vehículos pesados (unidas coche patrón)

f_g : Factor de ajuste por inclinación del acceso

f_p : Factor de ajuste por existencia del carril de estacionamiento

f_{bb} : Factor de ajuste por efecto de los autobuses locales que paran dentro de la

zona f_a : factor de ajuste por tipo de área

f_{LU} : Factor de ajuste por utilización de carril

f_{LT} : Factor de ajuste por giro a la izquierda

f_{RT} : Factor de ajuste por giro a la derecha

f_{Lpb} : Factor de ajuste por movimientos a la izquierda de peatones

fRpb: Factor de ajuste por movimientos a la derecha de peatones y ciclistas

Todos estos factores son necesarios para hallar el flujo de saturación. No obstante, para hallar estos se requiere información y datos del tráfico de la intersección. Estos varían por lugar así que son datos que deben ser recopilados del campo o de estadísticas pasadas. Además, estas fórmulas son basadas en la realidad estadounidense, y deben ser adaptadas si se desea utilizar en un contexto de la ciudad en estudio, en este caso Cajamarca. De acuerdo con el HCM 2016, el flujo de saturación base se determina según el número de habitantes de la zona.

Si la intersección en cuestión se encuentra en un área metropolitana con 250 000 habitantes o más, el flujo de saturación base (S_o) es 1900 automóviles/carril/hora, y si es menor el S_o es 1750.

Por otro lado, el factor de ajuste de ancho de carril (f_w) se calcula de acuerdo al ancho del carril en estudio.

Tabla 2

Cuadro de Factor de ajuste de ancho de carril

(fw) Promedio ancho de carril	(m) Factor ajuste ancho de carril
(fw) Menor a 3.00 m.	0.96
Mayor o igual a 3.00 m. y menor a 3.92 m.	1
Mayor o igual a 3.92 m.	1.04

Nota. (Highway Manual Capacity 2016, 2016)

Este no puede ser menor a 2.4 metros y si es mayor a 4.8 metros se cuenta como doble carril. El factor depende del ancho promedio del carril. Si el ancho es menor a 3 metros, se utiliza el factor 0.96. En cambio, si es mayor o igual a 3 pero menor a 3.92 metros, el factor es 1. Asimismo, si es mayor o igual a 3.92 metros, el factor es 1.04.

Otro factor importante es el factor por vehículos pesados (fHV). Este se empezó a utilizar debido a que se observó la diferencia del impacto de los vehículos pesados con los vehículos ligeros en una intersección.

Ecuación: Fórmula del factor por vehículos pesados (fHV)

$$fHV = \frac{100}{100 + PHV(ET - 1)} \quad \dots(30)$$

Según la fórmula mostrada previamente, se determina el factor por vehículos pesados, en la cual la variable PHV es el porcentaje de vehículos pesados en el grupo y Et es el número equivalente de autos por vehículos pesados, con el valor de 2. Luego está el factor por pendiente en el acceso (fg), el cual es calculado con la siguiente fórmula.

Ecuación: Fórmula del factor por pendiente en el acceso

$$fg = 1 - \frac{Pg}{200} \quad \dots(31)$$

Donde:

Pg: Porcentaje de la pendiente en el acceso para el grupo de carril.

La pendiente calculada es cuesta arriba cuando el signo es positivo, pero cuando es negativo la pendiente es cuesta abajo. La mínima pendiente es – 6.00 y la máxima llega a los +10.00 %.

Del mismo modo, se encuentra el factor por estacionamiento adyacente al grupo. Este funciona correctamente hasta los 75 metros antes de llegar a la intersección.

Ecuación: Fórmula del factor por estacionamiento adyacente al grupo

$$fp = \frac{N - 0.1 - \frac{18Nm}{3,600}}{N} \quad \dots(32)$$

Donde:

Nm: Son las maniobras de estacionamiento adyacentes al grupo de carril en veh/h.

N: Número de carriles por grupo.

El valor máximo para Nm es 180 veh/h. y el valor mínimo para el fp es 0.05.

A continuación, está el factor por bloqueo de buses que se detienen en la zona, también conocida como fbb. El mínimo valor que este valor puede alcanzar es 0.05.

Ecuación: Fórmula del factor por bloqueo de buses

$$fbb = \frac{N - \frac{14.4Nb}{3,600}}{N} \dots (33)$$

En la ecuación mostrada se observan variables como Nb que representa la frecuencia de paradas de buses en el acceso (buses/h) y N que representa el número de carriles por grupo. Para esta fórmula el mayor valor que puede alcanzar el Nb es 250 buses/h.

Del mismo modo, el factor por tipo de área (fa) también se emplea para la ecuación del flujo de saturación. Este puede tener dos valores. Cuando se ubica en el centro de la ciudad es decir áreas donde los tiempos de espera son significativamente mayores por su diseño geométrico o flujo peatonal y vehicular, el valor es 0.9. Sin embargo, cuando se sitúa en cualquier otro lugar o zona el valor es 1.0. Además, se tiene el factor de ajuste por utilización de carril, abreviado en f_{LU}. Este se emplea cuando un grupo de movimiento tiene más de un carril de un solo sentido.

Ecuación. Factor de ajuste por utilización de carriles

$$fLU = \frac{vg}{vg1*N} \dots (34)$$

Donde:

vg: Es la demanda para el grupo de movimiento en veh/h.

vg1: Es la demanda del carril exclusivo con el flujo más elevado del grupo de movimiento en vehículos por hora.

N: Es el número de carriles exclusivos en el grupo de movimiento.

Asimismo, otros dos factores indispensables para el cálculo del flujo de saturación son el factor por giro a la izquierda y el factor por giro a la derecha.

Ecuación: Fórmula del factor por giro a la izquierda

$$f_{LT} = \frac{1}{EL} \quad \dots(35)$$

Según la fórmula, se utiliza el factor EL, el cual representa a los equivalentes ADE para vehículos de giro a la izquierda y se determina según condición mostrada en la siguiente tabla.

Tabla 3

Factor por giro a la izquierda y equivalente ADE sin flujo opuesto

Tipo de carril	EL Equivalente ADE para vehículos de giro a la izquierda	f _{LT}
Giros a la izquierda con fase protegida o sin oposición		
Un carril exclusivo o compartido	1.05	0.95
Dos o más carriles exc. o compartidos	1.09	0.92
Calles de un solo sentido o intersecciones en T		
Un carril exclusivo o compartido	1.18	0.85
Dos o más carriles exc. o compartidos	1.33	0.75

Nota. Tabla elaborada por el tesista en base a lo expuesto en Highway Manual Capacity (2016).

En esta tabla se observan los equivalentes ADE (Automóvil Directo Equivalente) y los factores por giro a la izquierda según el tipo de carril, sentido y su oposición. Para el facto FLT los valores varían desde 0.75 hasta 0.95 cuando no hay oposición de flujo.

Tabla 4

Factor de ADE (automóvil directo equivalente) con flujo opuesto

Giros a la izquierda carril compartido con presencia de flujo opuesto							
Flujo Opuesto	1	200	400	600	800	1000	1200
EL	1.4	1.7	2.1	2.5	3.1	3.7	4.5
Giros a la izquierda carril exclusivo con presencia de flujo opuesto							
Flujo Opuesto	1	200	400	600	800	1000	1200
EL	1.3	1.6	1.9	2.3	2.8	3.3	4

Nota. Tabla elaborada por el tesista en base a lo expuesto en Highway Manual Capacity (2016).

En cambio, en los casos que al girar para la izquierda haya presencia de flujo opuesto los valores de EL varían desde 1.3 a 4.5, es decir el factor FLT se encuentra desde 0.22 hasta 0.77. Luego se encuentra el factor contrario, el factor por giro a la derecha con la fórmula mostrada a continuación.

Ecuación: Factor por giro a la derecha en un grupo de carril

$$f_{LT} = \frac{1}{Er} \quad \dots(36)$$

Para hallar la variable ER requerida para la ecuación anterior se necesita hallar los equivalentes ADE de acuerdo con el tipo de carril.

Tabla 5*Frt y Er equivalentes ADE para vehículos de giro a la derecha*

Tipo de carril	ER Equivalentes ADE para vehículos de giro a la derecha	fRT
Un carril exclusivo o compartido	1.18	0.85
Dos o más carriles exclusivos o compartidos	1.33	0.75

Nota: Tomado de Highway Manual Capacity (2016).

Si es un carril exclusivo o compartido con giro a la derecha se utiliza el ER 1.18 y el fRT 0.85. No obstante, si son dos carriles exclusivos o compartidos se emplea el ER como 1.33 y fRT como 0.75.

El próximo factor es el factor de peatones y bicicletas. Esta metodología incluye también variables más detallistas como el número de peatones y bicicletas que pasan por la intersección, lo cual no es un factor de gran impacto, pero igual tiene influencia en el flujo de saturación. Para hallarlo en primer lugar se calculan la demanda de peatones durante el tiempo de verde para vías de un solo sentido.

Ecuación: Fórmula de demanda de peatones durante el tiempo de verde

$$V_{pedg} = V_{ped} \frac{C}{g_{ped}} \leq 5,000 \quad \dots(37)$$

Donde:

V_{ped} : Es la demanda de peatones en la hora pico (p/h).

g_{ped} : Es el tiempo de verde para el paso de peatones en segundos.

C : Representa la longitud del ciclo del semáforo en segundos.

A continuación, se halla la ocupación de peatones en verde. Su ecuación varía según el valor del v_{pedg} . Si este es menor o igual a 1000 p/h la fórmula es la siguiente.

Ecuación: Ocupación de peatones en verde – $v_{pedg} \leq 1000$ p/h

$$OOC_{peg} = \frac{v_{pedg}}{2,000} \quad \dots(38)$$

Sin embargo, si v_{pedg} es mayor a 1000 p/h se usa la ecuación mostrada a continuación.

Ecuación: Ocupación de peatones en verde – $v_{pedg} > 1000$ p/h

$$OOC_{pedg} = 0.4 + \frac{v_{pedg}}{10,000} \leq 0.90 \quad \dots(39)$$

Donde:

V_{pedg} : Es la demanda de peatones durante el tiempo de verde en vehículos por hora.

Una acotación importante para esta sección es que, si en la intersección no hay semáforo para peatones, el tiempo de verde para peatones es el verde efectivo de la fase. Con la finalidad de hallar la demanda de bicicletas durante el tiempo de verde y de esta manera determinar la ocupación de bicicletas en verde se emplea la fórmula expresada a continuación.

Ecuación: Fórmula de demanda de bicicletas durante el tiempo de verde

$$V_{bicg} = V_{bic} \frac{C}{g} \leq 1,900 \quad \dots(40)$$

Donde:

v_{bic} : Representa la demanda de bicicletas en la hora pico, bicicletas por hora.

C: Representa la longitud del ciclo de semáforo en segundos.

Esta demanda calculada debe ser mGRenor o igual a 1900 bicicletas por hora.

La ocupación peatonal se determina con la siguiente fórmula.

Ecuación: Fórmula de la ocupación peatonal en verde

$$OCCbicg = 0.02 + \frac{Vbicg}{2,700} \quad \dots(41)$$

Donde:

Vbicg: Representa la demanda de bicicletas durante el tiempo de verde, bicicletas por hora.

Si no existe semáforo para bicicletas se usa el tiempo de verde para bicicletas como el verde efectivo de la fase. Con estas variables se puede hallar la ocupación de la zona de conflicto importante ($OCC\gamma$), utilizando las fórmulas mostradas en las siguientes líneas.

La fórmula de $OCC\gamma$ solo para peatones es:

Ecuación: Fórmula de la ocupación de la zona de conflicto solo para peatones

$$OCC\gamma = \frac{gped}{g} OCCpedg \quad \dots(42)$$

La fórmula de $OCC\gamma$ para peatones y bicicletas es:

Ecuación: Fórmula de la ocupación de la zona de conflicto para peatones y bicicletas en vías de un sentido

$$OCC\gamma = \left(\frac{gped}{g} OCCpedg \right) + OCCbicg - \left(\frac{gped}{g} OCCpegOCCbicg \right) \quad \dots(43)$$

Donde:

Gped: Es el tiempo de verde para el paso de peatones en segundos.

G: Es el tiempo de verde para la fase de grupo en segundos.

OCCpedg: Es la ocupación de peatones en verde.

OCCbicg: Es la ocupación de bicicletas en verde.

Ecuación: Fórmula de ocupación de la zona de conflicto para peatones y bicicletas en vías de dos sentidos, si el tiempo de verde del acceso opuesto es menor al tiempo de verde para el paso de peatones

$$OCCpedy = OCCpedg(1 - \frac{0.5gp}{dpeg}) \quad \dots(44)$$

Donde:

gp: tiempo de verde acceso opuesto (s)

gp: tiempo de verde permitido del acceso (s)

gu: tiempo de verde giro a la izquierda (s)

C: longitud del ciclo del semáforo.

gped: tiempo de verde para el paso de peatones (s)

OCCpedg: ocupación de peatones en verde, si $gp < gped$

OCCpedu: ocupación de peatones después de que la fila opuesta se borra

Ecuación: Fórmula de la ocupación de la zona de conflicto para peatones y bicicletas en vías de dos sentidos, si el tiempo de verde del acceso opuesto es mayor igual al tiempo de verde para el paso de peatones

$$OCCpedu = 0.0 \quad \dots(45)$$

OCCpedg: ocupación de peatones en verde, si $gp \geq gped$

Ecuación: Ocupación de zona de conflicto importante

$$OCCy = \frac{gped-gp}{gp-gq} (OCCpedu)^{e^{-5.00vo/3,600}} \dots(46)$$

Donde:

gq: tiempo de verde acceso opuesto (s)

gp: tiempo de verde permitido del acceso (s)

gped: tiempo de verde para el paso de peatones (s)

Vo: flujo opuesto (veh/h)

OCCpedu: ocupación de peatones después de la fila opuesta se borra

OCCy: zona de conflicto importante

Para el cálculo del factor de peatones y bicicletas para grupos por giro a la izquierda se deben de considerar las siguientes fórmulas en situaciones donde la vía posee uno o dos sentidos y poseen giros permitidos a la izquierda.

$$A_{pbt} = 1 - OCCy \dots(47)$$

Apbt: tiempo de zona desocupada (s) para carriles de recepción igual o menores que carriles de vuelta

$$A_{pbt} = 1 - 0.6OCCy \dots(48)$$

Apbt: tiempo de zona desocupada (s) para carriles de recepción mayores que carriles de vuelta.

Es necesario analizar el caso de estudio donde se desea hallar el grado de saturación, puesto que en el caso del factor de peatones y bicicletas con giros a la derecha e izquierda existen valores específicos según las condiciones que se encuentren.

Tabla 6*flpb (factor de peatones y bicicletas para grupos con giro a la izquierda)*

Tipo de carril	fLpb
No hay peatones o ciclistas en conflicto	1
Calle de un solo sentido	Apbt
Calle en dos sentidos con giro permitido a la izquierda	Apbt
Calle en dos sentidos con giro permitido y protegido a la izquierda	Apbt
Calle en dos sentidos con giro protegido a la izquierda sin flujo opuesto	1

Nota. La información corresponde al Highway Manual Capacity 2016**Tabla 7***fRpb (factor por peatones y bicicleta para grupos con giro a la derecha)*

Tipo de carril	fRpb
No hay peatones o ciclistas en conflicto	1
Giro permitido a la derecha	Apbt
Giro permitido y protegido a la derecha	Apbt
Giro protegido a la derecha	1

Nota. La información corresponde al Highway Manual Capacity 2016.

Luego de determinar el último factor según el análisis correspondiente a los giros que se dan en una intersección se puede calcular el flujo de saturación. Este es hallado inmediatamente después de multiplicar todos los factores de ajuste según el procedimiento que dicta el HCM 2016.

2.2.12. Grado de saturación

El grado de saturación es la relación entre la tasa de flujo vehicular y la capacidad de una vía de comunicación terrestre. Según el Manual HCM 2010, se define como la razón entre la demanda de tránsito y la capacidad disponible de la vía. (Basurto & Yzaguirre, 2019)

Ecuación: Ecuación de Grado de Saturación

$$\frac{v}{c}i = Xi = \frac{vi}{si * (\frac{gi}{c})} = \frac{q}{Q} \dots (49)$$

Donde: Xi: Grado de Saturación - demanda/capacidad - para un grupo de carriles o un acceso determinado

vi: Flujo o demanda proyectada para un grupo de carriles o un acceso determinado

Si: Flujo de saturación para un grupo de carriles o un acceso determinado

gi: Tiempo efectivo de luz verde para un grupo de carriles o un acceso determinado.

2.2.13. Grado de saturación crítico

El grado de saturación crítico en ciclos semafóricos es un valor que indica la proporción de tiempo que la capacidad de la intersección está siendo utilizada. Es un parámetro crucial para el análisis y diseño de semáforos, ya que revela si una intersección está funcionando correctamente o si necesita mejoras para manejar el tráfico de manera eficiente.

Se define como la relación entre el flujo de vehículos que llega a la intersección (demanda) y la capacidad máxima que la intersección puede manejar (capacidad) durante una fase verde específica. En otras palabras, mide qué tan "lleno" está el tráfico en una intersección durante un ciclo semafórico.

Se calcula empleando la ecuación:

Ecuación: Ecuación de Grado de Saturación Crítico

$$Xc = \frac{C}{(C - Tp)} * \sum_1^n Yi \dots (50)$$

Donde:

Xc: Grado de saturación crítico.

C: Duración del ciclo (Segundos)

Tp: Tiempo total perdido del ciclo (Segundos)

Yi: Relación entre el q/S, para cada carril crítico de la fase i.

El grado de saturación se utiliza para evaluar la eficiencia de una intersección: valores cercanos o superiores a 1 indican que la intersección opera al límite de su capacidad, generando retrasos y formación de colas. También sirve para el diseño de semáforos, ya que permite determinar el tiempo verde necesario para cada fase del ciclo. Además, valores críticos elevados ayudan a identificar problemas y la necesidad de implementar mejoras, como aumentar la capacidad de la intersección, optimizar los tiempos semafóricos o aplicar otras estrategias de gestión del tráfico.

2.2.14. Demoras

La ecuación siguiente describe la demora media por control, la cual representa el retraso promedio de todos los vehículos que llegan durante el periodo de análisis. Esta medida también considera la demora adicional de los vehículos que aún permanecen en la cola al finalizar el análisis. La demora constituye un indicador crítico del desempeño del flujo interrumpido y se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$d_i = d_1 + d_2 + d_3 \quad \dots (51)$$

$$d_i = d_1 * PF + d_3 \quad \dots (52)$$

En donde:

d_i = Demora media por acceso (Segundo/vehículos)

d_1 = Demora uniforme (Segundo/vehículos)

d_2 = Demora incremental (Segundo/vehículos)

d_3 = Demora inicial (Segundo/vehículos)

PF = Factor de ajuste de progresión

2.2.14.1. Demora uniforme. La siguiente ecuación permite calcular la demora bajo el supuesto de que las llegadas de vehículos son aleatorias a lo largo del ciclo. Asimismo, considera un período de verde efectivo y una tasa de flujo de saturación durante este tiempo, basándose en el primer término de la ecuación de demora previamente presentada. De esta manera, la demora uniforme por acceso se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$d_1 = \frac{0.5 * C * (1 - \frac{g}{C})^2}{1 - (\min(1, x) \frac{g}{C})} \quad \dots (53)$$

En donde:

C = Ciclo del semáforo

g = Tiempo efectivo de verde por grupo de carriles

X_i = Relación volumen a capacidad o grado de saturación del acceso

2.2.14.2. Demora incremental. La demora incremental se calcula considerando que no existe una cola inicial derivada de la demanda insatisfecha del período anterior. Este enfoque es especialmente relevante cuando hay paradas de transporte público, como combis o micros, que pueden afectar el flujo vehicular.

$$d_2 = 900T((X_i - 1) + \sqrt{(X_i - 1)^2 + \frac{8 * K * I * X_i}{C * T}}) \quad \dots (54)$$

$$X_i = \frac{v}{c_i} \quad \dots (55)$$

Consideraciones de la ecuación:

- Ecuación es permitida para valores de $X < 1.0$

- Ecuación no es admitida siempre y cuando los valores de $X > 1/ FHMD$

En donde:

X_i = Relación volumen a capacidad o grado de saturación del acceso

C = Capacidad del grupo de carril (veh/h)

T = Duración del periodo de análisis (h)

L = Factor de ajuste de medida

K = Factor de la demora incremental

2.2.14.3. Demora de cola inicial. Para calcular la demora final mediante la ecuación N° 55, es necesario considerar la demora inicial, la cual representa el retraso adicional causado por los vehículos que permanecen en la cola del período anterior. Esta demora inicial se expresa mediante la siguiente ecuación.

$$d_3 = 1800 * Q_b * \frac{(1+u)*t}{C*T} \quad \dots (55)$$

En donde:

Q_b = Cola inicial al inicio del periodo T (Veh)

C = capacidad del grupo de carril ajustada (Veh/h)

T = Duración del periodo de análisis (h)

t = Duración de la demanda insatisfecha en T (h)

u = Parámetro de demora.

Tener en cuenta las siguientes consideraciones para la duración de la demanda insatisfecha en T (t):

$$t = 0 \text{ si } Q_b = 0; \text{ sino } t = \min \{T, Q_b / c * [1 - \min (1, x)]\}$$

En donde:

x = Relación volumen a capacidad

$$u = 0 \text{ si } t < T, \text{ sino } U = 1 - (Ct / Qb [1 - \min(1, x)])$$

Sin embargo, si para determinar la demora final se utiliza la ecuación N° 23; es necesario saber el valor del factor de progresión PF, el cual considera si el grupo de carriles se encuentra o no coordinado. El valor de PF es obtenido del siguiente cuadro.

Tabla 8

Valores de factor de progresión

Tipo de llegada	Factor de ajuste de la progresión PF en función a la relación de verde					
	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
Descoordinado	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Coordinado	0.92	0.86	0.78	0.67	0.5	0.22

Nota. Extraído de Highway Capacity Manual (2016)

2.2.15. Nivel de servicio en intersecciones semaforizadas

Según el Manual de Capacidad de Carreteras (HCM), los niveles de servicio (NS) en intersecciones semaforizadas permiten evaluar el desempeño del tránsito, considerando el aumento en el tiempo de viaje, la incomodidad del conductor y el consumo de combustible. Estos niveles se clasifican en seis categorías:

Nivel de servicio A: Demora ≤ 10 s/vehículo; circulación libre; relación volumen-capacidad baja; progresión favorable o ciclo corto.

Nivel de servicio B: Demora entre 10 y 20 s/vehículo; relación volumen-capacidad $\leq 1,0$; más vehículos se detienen que en A.

Nivel de servicio C: Demora entre 20 y 35 s/vehículo; relación volumen-capacidad $\leq 1,0$; progresión moderadamente favorable; algunas colas no logran despejarse en un ciclo, aunque algunos vehículos pasan sin detenerse.

Nivel de servicio D: Demora entre 35 y 55 s/vehículo; relación volumen-capacidad $\leq 1,0$; progresión ineficaz o ciclo largo; numerosos vehículos se detienen.

Nivel de servicio E: Demora entre 55 y 80 s/vehículo; relación volumen-capacidad $\leq 1,0$; progresión desfavorable y ciclo largo.

Nivel de servicio F: Demora > 80 s/vehículo; relación volumen-capacidad $> 1,0$; progresión deficiente y presencia constante de colas.

La HCM expreso los niveles de servicio para intersecciones semaforizadas en rangos de caracterización los cuales se muestran en el siguiente cuadro:

Tabla 9

Niveles de servicio para intersecciones según demora

Nivel de Servicio	Demora por control (seg/veh)
A	≤ 10
B	$> 10 - 20$
C	$> 20 - 35$
D	$> 35 - 55$
E	$> 55 - 80$
F	> 80

Nota. Tomado de Highway Capacity Manual 2016

2.3. Definición de términos básicos

- **Congestión vehicular.** Es la condición de obstruir o entorpecer el paso, la circulación o el movimiento de los vehículos (Basurto & Yzaguirre, 2019).

- **Densidad vehicular.** Es el número de vehículos que ocupan un tramo de longitud dado promediado entre la longitud en unidades de vehículos por kilómetro (Alcántara, 2018).

- **Demora.** es el tiempo que un vehículo pasa detenido en una intersección, es un indicador clave del nivel de desempeño de una intersección: cuanto mayor es esta demora

por vehículo (segundos/vehículo), peor es el servicio que ofrece la vía bajo control semafórico (HCM, 2016).

- **Demora por control.** Es aquella demora provocada por la presencia de un dispositivo de control de tránsito, como por ejemplo un semáforo. (Silva, 2018).

Densidad de tránsito. Es el número de vehículos que ocupan una unidad de longitud de carretera en un instante dado. Por lo general se expresa en vehículos por kilómetro (Alcántara, 2018).

- **Factor de la hora de máxima demanda.** relación del volumen de la hora de máxima demanda a la tasa de volumen máxima dentro de la hora pico (HCM, 2016).

- **Flujo de saturación.** tasa horaria máxima teórica a la que los vehículos pueden pasar una línea de parada bajo condiciones de saturación (HCM, 2016).

- **Grado de saturación.** Es la relación entre la tasa de flujo y la capacidad de la vía (Basurto & Yzaguirre, 2019).

- **Tasa de flujo.** Fenómeno ocasionado por la presencia de vehículos, personas que circulan por una autopista, calle o avenida (Araujo, 2020).

- **Tránsito.** Fenómeno ocasionado por la presencia de vehículos, personas que circulan por una autopista, calle o avenida (Silva, 2018).

- **Vehículo.** Artefacto que sirve para transportar personas o cargas, impulsado por su propio motor, tracción o fuerza humana (Romero, 2018).

- **Velocidad.** La velocidad es definida como una razón de movimiento, en distancia por unidad de tiempo, generalmente como kilómetros por hora (km/h) (Romero, 2018).

- **Volúmenes horarios.** Se define como la cantidad de vehículos que circulan en un tramo durante una hora, si no se tiene el dato de la hora se hace el cálculo según el período que se tenga calculado (Romero, 2018).

- **Volumen en hora de máxima demanda.** Es la cantidad de vehículos que pasa sobre una sección de vía durante 60 minutos consecutivos (HCM, 2016).

CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del área de estudio

El área de investigación se ubica en la ciudad de Cajamarca, distrito, provincia y departamento de Cajamarca a una altitud de 2750 m.s.n.m, en la intersección semaforizada de la Av. San Martín con Jr. Atahualpa.

País:	Perú
Departamento:	Cajamarca
Provincia:	Cajamarca
Distrito:	Cajamarca

Figura 4

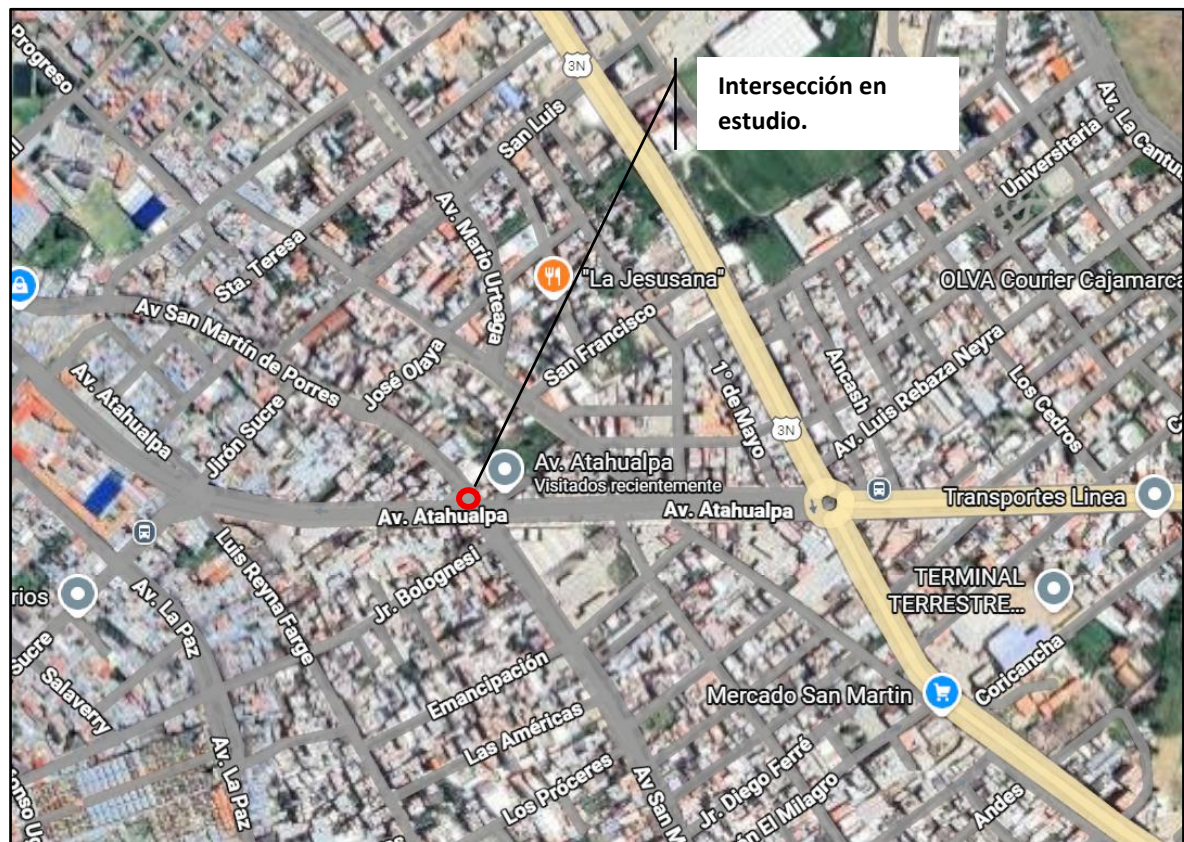
Ubicación del Departamento, Provincia y Distrito de Cajamarca



Nota. Perutouristguide Mapa de la provincia y departamento de Cajamarca (Guadalberto Valderrama 2005.)

Figura 5

Ubicación de intersección en estudio



Nota. Imagen extraída de Google Maps.

Figura 6. Ubicación Geográfica de la intersección en estudio

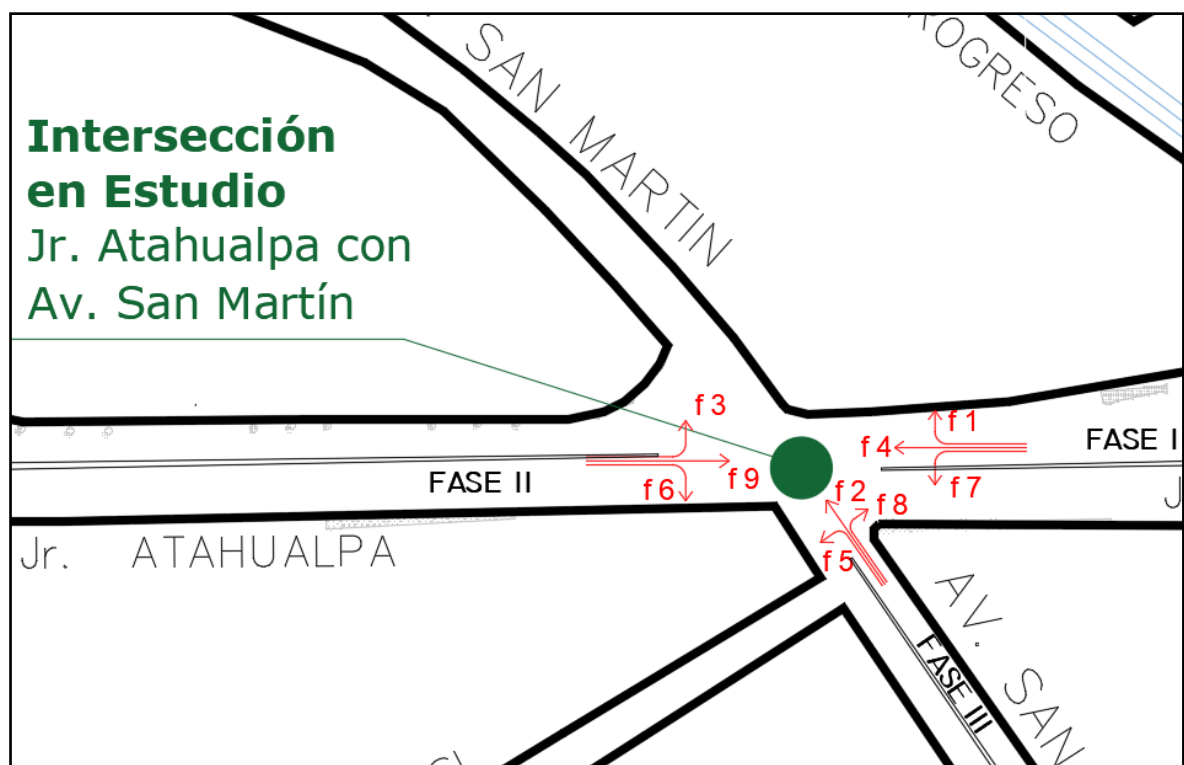


Tabla 10*Coordenadas UTM de la intersección en estudio*

Coordenadas UTM - WGS84	
Este (m)	775472.4063
Norte (m)	9207182.2485

Tabla 11*Coordenadas geográficas de la intersección en estudio*

Coordenadas UTM - WGS84	
Longitud	-78° 9' 56.62'' (S)
Latitud	-7° 30' 20.92'' (W)

3.2. Periodo de estudio

La investigación se realizó en un periodo de 7 días comprendidos entre el 22 de setiembre del 2024 hasta el 29 de setiembre del 2024, en el cual se realizaron los aforos vehiculares.

3.3. Procedimiento

La investigación tuvo un proceso de dos etapas, primero fue la etapa de la toma de datos mediante aforos vehiculares, y la segunda etapa fue el procesamiento y evaluación de estos.

3.3.1. *Análisis de fases y giros*

Para poder realizar los aforos fue necesario identificar las fases y giros para la intersección, y tomar los tiempos de cambios de luces.

Se identificaron las siguientes fases y giros en la intersección:

Figura 7

Fases y giros de intersección en estudio. (Fase I en verde)

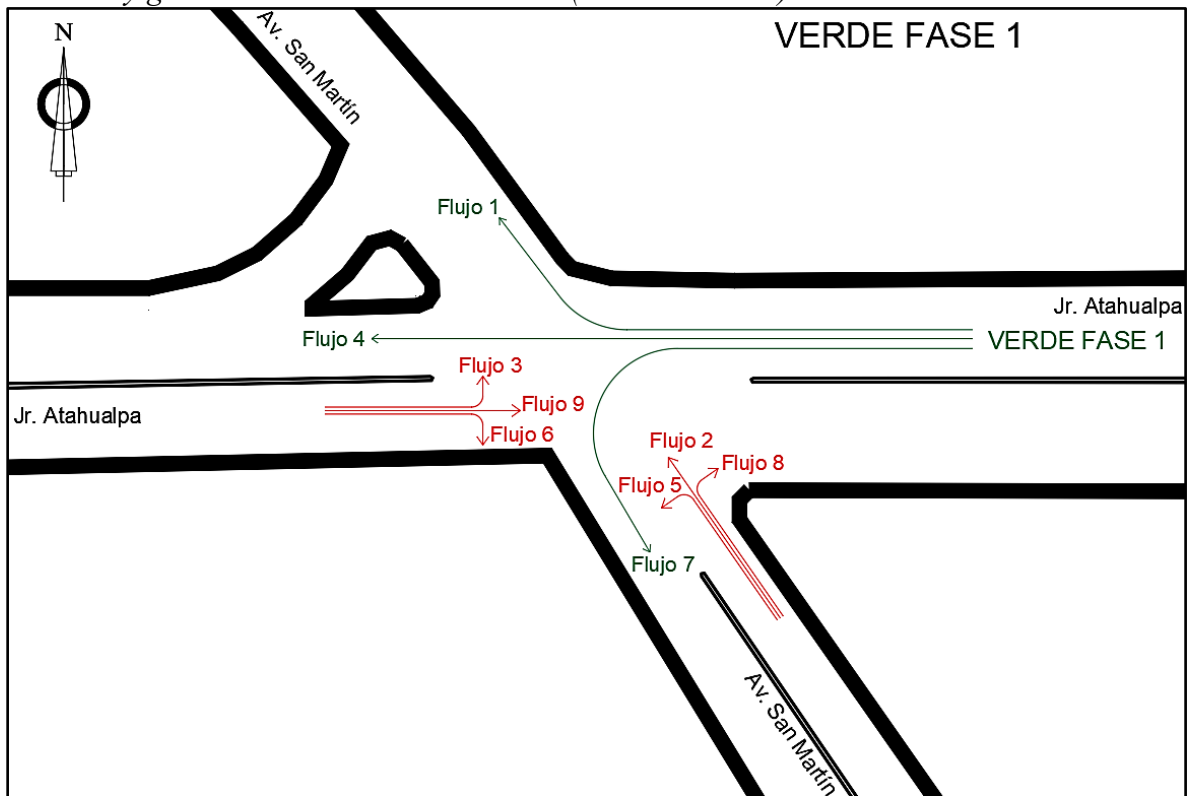


Figura 8

Fases y giros de intersección en estudio. (Fase II en verde)

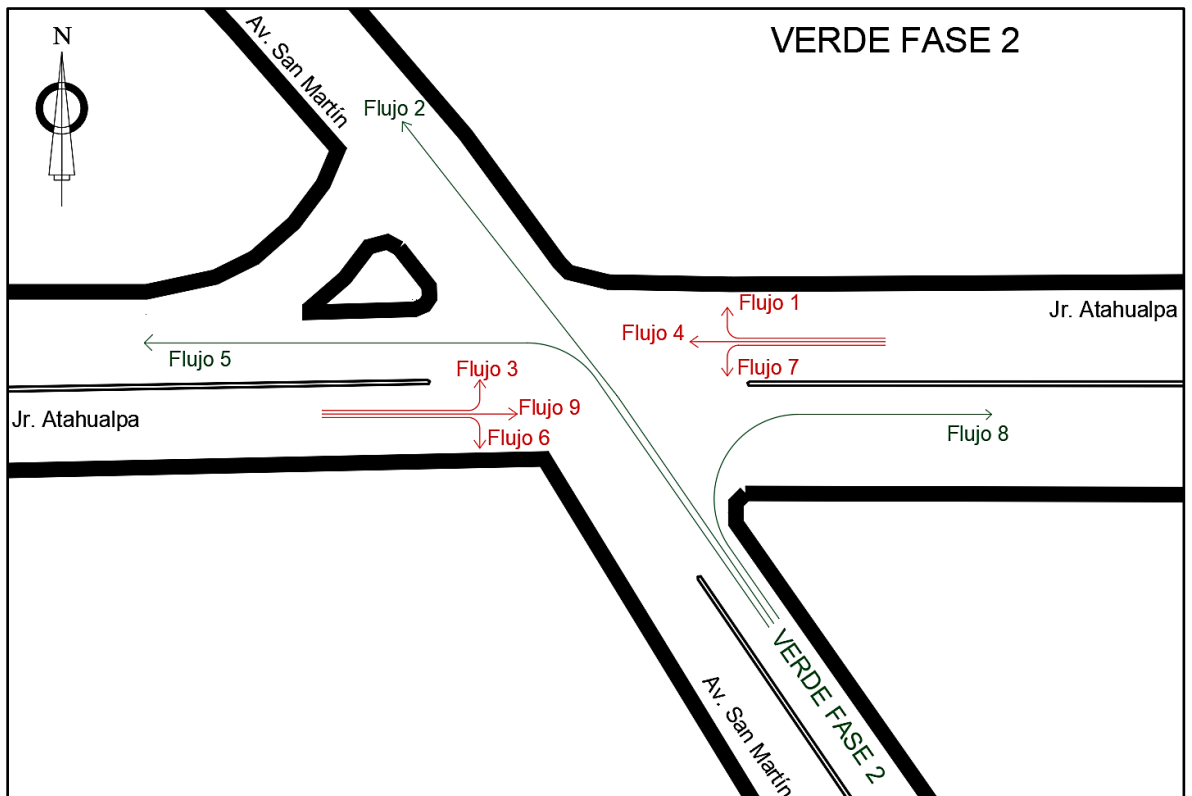


Figura 9

Fases y giros de intersección en estudio. (Fase III en verde)

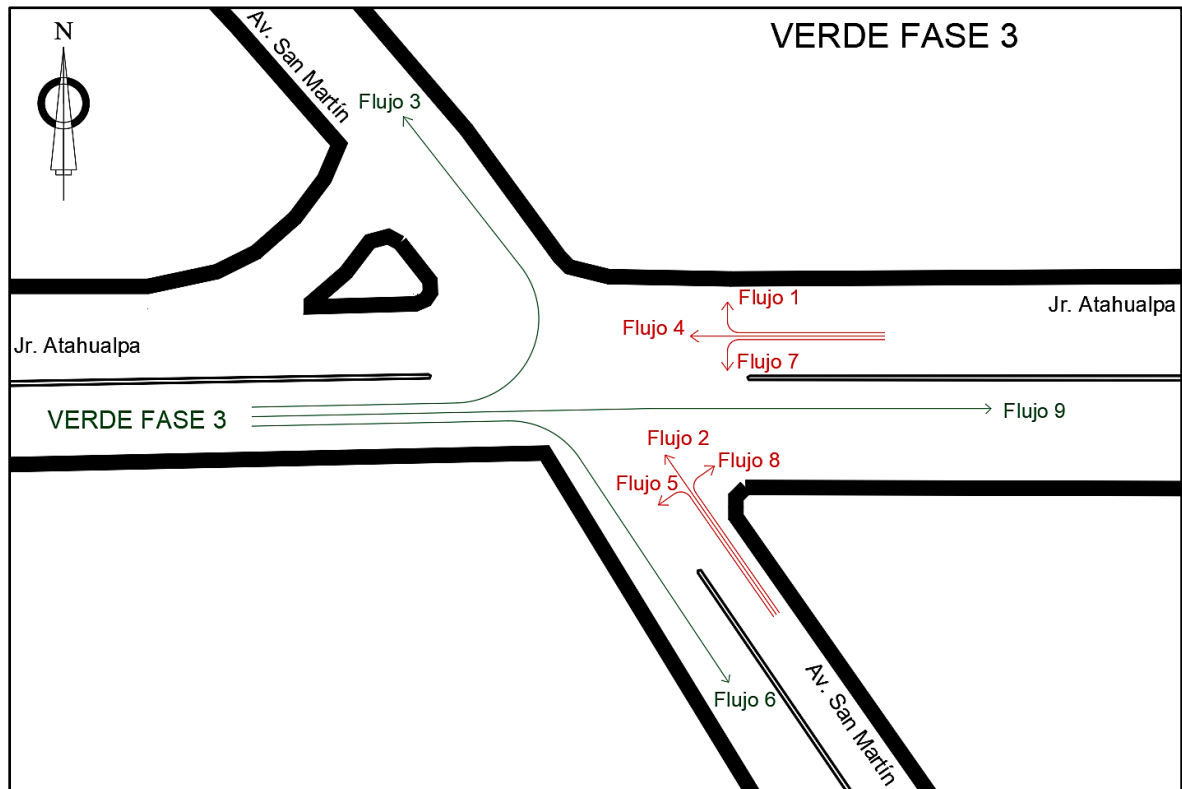
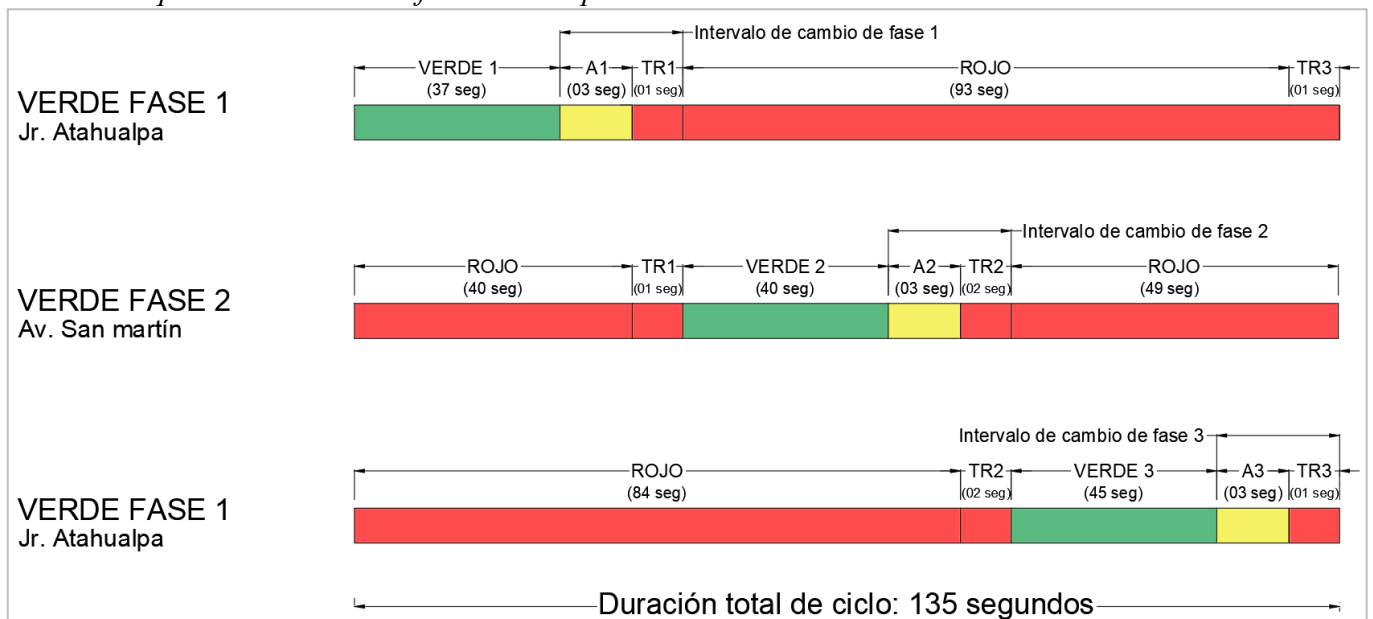


Figura 10

Esquema de ciclo semafórico – tiempos de cambios de color



3.3.2. Aforos vehiculares

El aforo vehicular se realizó considerando los flujos y tipos de vehículos en la intersección, especialmente vehículos pesados y transporte público, necesarios para calcular el flujo de saturación y el grado de saturación. Se registraron datos cada 15 minutos, de 6:00 a.m. a 8:00 p.m., durante siete días (21 al 27 de septiembre de 2024).

Figura 11
Flujos aforados en intersección en estudio

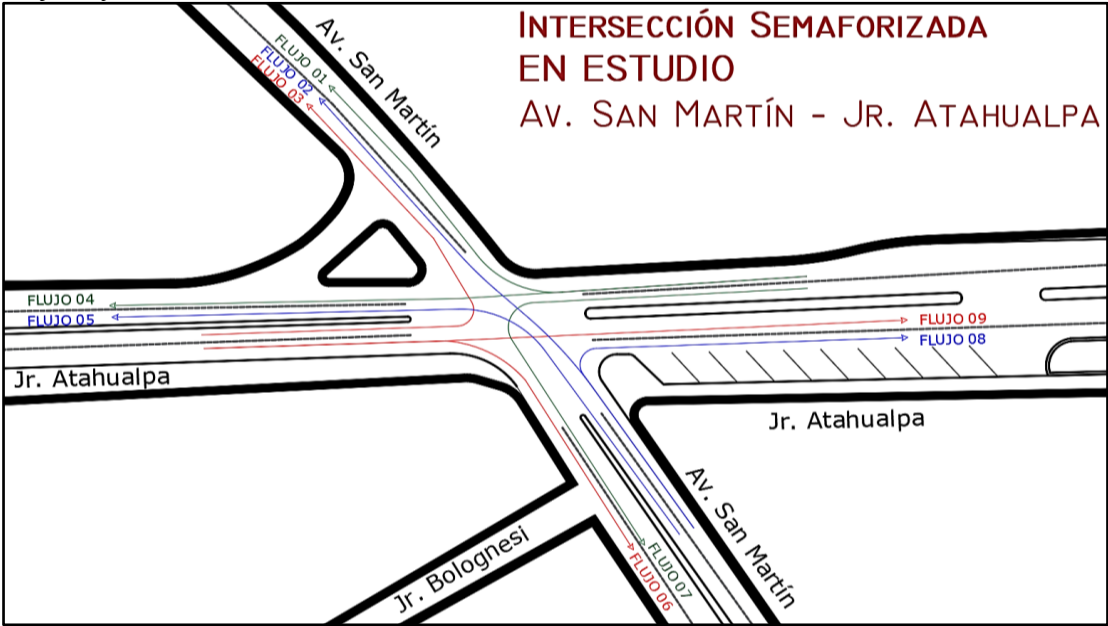


Tabla 12
Ficha de Aforo Vehicular

Intervalo de Tiempo	F L U J O	Motos		Vehículos Livianos			Bus			Camión			Tráilers			Veh. Especiales				
		Motocicleta	Mototaxi/moto carga	Auto	Camioneta Cerrada o abierta	Minivan	Combi	Custer	2 ejes	3 a más ejes	Pequeño	2 ejes	3 ejes a mas	3 ejes	4 a más ejes	2 cuerpos	Camión Bombero	Ambulancia/ policía / Serenazgo	Grúa o Cisterna	Maquinaria Pesada
6.45 - 7.00	1																			
	2																			
	3																			
	4																			
	5																			
	6																			

3.3.3. Procesamiento de datos

3.3.3.1. Tabulaciones de vehículos. Se consideraron los datos del día de mayor flujo vehicular.

Tabla 13

Resumen de aforos de la intersección por fase

DIA	FASE		
	FASE I	FASE II	FASE III
Lunes	7089	7361	7328
Martes	7235	7512	7478
Miércoles	7185	7460	7426
Jueves	7959	8263	8226
Viernes	8154	8466	8428
Sábado	5718	5936	5910
Domingo	5889	6114	6087

Los datos de obtenidos fueron tabulados en intervalos de 15 minutos, y convertidos por el factor de tipo de vehículo para obtener el número de vehículos equivalentes. Así como por los factores de giro de cada fase:

Tabla 14

Cálculo de vehículos equivalentes en intervalos de 15 minutos

Intersección Semaforizada del Jr. Atahualpa y la Av. San Martín									
Intervalo de Tiempo		FASE 1			FASE 2			FASE 3	
		Giro a la izquierda	Sentido Recto	Giro a la derecha	Giro a la izquierda	Sentido Recto	Giro a la derecha	Giro a la izquierda	Giro a la derecha
		F 7	F 4	F 1	F 5	F 2	F 8	F 3	F 6
06:00	- 06:15	24	26	11	26	62	3	15	35
06:15	- 06:30	17	39	19	32	63	4	10	28
06:30	- 06:45	28	52	29	20	86	23	13	40
06:45	- 07:00	34	73	29	26	107	17	13	51
07:00	- 07:15	34	59	43	24	148	19	17	60
07:15	- 07:30	42	66	59	38	180	30	16	54
07:30	- 07:45	56	97	53	39	153	22	11	50
07:45	- 08:00	43	72	54	42	125	16	23	54
08:00	- 08:15	64	89	56	40	138	19	29	79
08:15	- 08:30	42	68	49	27	95	19	11	49
08:00	- 08:45	37	88	56	33	113	21	13	66
08:45	- 09:00	38	85	56	30	135	14	24	65
09:00	- 09:15	44	84	56	32	121	20	17	53
09:15	- 09:30	44	66	56	22	116	15	27	48
09:30	- 09:45	33	61	58	39	112	16	17	42
09:45	- 10:00	45	102	62	33	128	27	33	73
10:00	- 10:15	39	74	57	33	112	27	19	69
10:15	- 10:30	36	88	47	32	99	16	25	42
10:30	- 10:45	33	93	64	30	121	22	24	63

Intersección Semaforizada del Jr. Atahualpa y la Av. San Martín										
Intervalo de Tiempo	FASE 1		FASE 2		FASE 3					
	Giro a la izquierda	Sentido Recto	Giro a la derecha	Giro a la izquierda	Sentido Recto	Giro a la derecha	Giro a la izquierda	Sentido Recto	Giro a la derecha	
	F 7	F 4	F 1	F 5	F 2	F 8	F 3	F 9	F 6	
10:45 - 11:00	31	103	41	28	130	21	23	122	52	
11:00 - 11:15	43	88	46	26	89	24	14	121	61	
11:15 - 11:30	49	77	38	37	95	24	20	95	47	
11:30 - 11:45	25	46	24	23	73	18	15	72	40	
11:45 - 12:00	21	72	36	20	77	21	9	86	42	
12:00 - 12:15	36	50	27	17	60	11	14	60	33	
12:15 - 12:30	50	74	54	30	128	21	13	129	56	
12:30 - 12:45	37	87	66	50	118	45	17	92	47	
12:45 - 13:00	44	91	42	31	111	21	22	125	76	
13:00 - 13:15	36	65	40	31	117	19	15	121	75	
13:15 - 13:30	42	85	42	40	123	27	11	101	48	
13:30 - 13:45	47	67	43	25	113	27	12	113	61	
13:45 - 14:00	38	59	43	32	125	19	15	106	54	
14:00 - 14:15	32	59	56	25	134	13	22	114	64	
14:15 - 14:30	41	81	54	30	115	24	16	100	51	
14:30 - 14:45	40	82	49	27	117	19	12	100	44	
14:45 - 15:00	44	71	59	26	127	21	17	104	54	
15:00 - 15:15	23	48	41	17	84	14	5	117	27	
15:15 - 15:30	32	56	40	20	78	11	16	62	35	
15:30 - 15:45	23	53	33	19	75	13	13	78	35	
15:45 - 16:00	34	103	60	41	101	13	21	117	49	
16:00 - 16:15	41	60	50	24	101	15	25	82	52	
16:15 - 16:30	41	76	55	29	93	21	23	115	50	
16:30 - 16:45	27	76	47	28	90	24	16	110	49	
16:45 - 17:00	58	109	48	38	104	35	30	147	56	
17:00 - 17:15	41	127	70	46	97	46	41	155	49	
17:15 - 17:30	42	95	50	37	84	23	29	109	41	
17:30 - 17:45	48	86	46	37	76	30	37	121	65	
17:45 - 18:00	38	94	41	32	92	24	37	108	40	
18:00 - 18:15	34	72	40	18	90	19	13	95	46	
18:15 - 18:30	48	49	56	26	141	27	18	107	58	
18:30 - 18:45	38	74	54	27	150	18	15	119	69	
18:45 - 19:00	40	49	47	35	100	15	16	111	65	
19:00 - 19:15	64	66	57	30	113	29	19	107	52	
19:15 - 19:30	36	58	54	16	105	25	22	86	57	
19:30 - 19:45	50	47	48	41	120	35	18	104	38	
19:45 - 20:00	51	50	56	46	132	38	25	110	43	

Tabla 15

Ajuste de flujo vehicular por factor de giro en intervalos de 15 minutos

Intersección Semaforizada del Jr. Atahualpa y la Av. San Martín										
Intervalo de Tiempo		FASE 1			FASE 2			FASE 3		
		Factor de giro hacia izquierda	Sentido Recto	Factor de giro hacia derecho	Factor de giro hacia izquierda	Sentido Recto	Factor de giro hacia derecho	Factor de giro hacia izquierda	Sentido Recto	Factor de giro hacia derecho
		1.2	1	1.1	1.2	1	1.1	1.2	1	1.1
		F 7	F 4	F 1	F 5	F 2	F 8	F 3	F 9	F 6
06:00 - 06:15		28	26	12	31	62	3	18	54	38
06:15 - 06:30		20	39	21	38	63	4	12	60	30
06:30 - 06:45		34	52	32	24	86	25	15	69	44
06:45 - 07:00		41	73	32	31	107	18	16	111	56
07:00 - 07:15		41	59	47	28	148	21	20	115	66
07:15 - 07:30		51	66	65	45	180	33	19	99	60
07:30 - 07:45		67	97	58	47	153	24	14	90	55
07:45 - 08:00		52	72	59	50	125	18	28	117	59
08:00 - 08:15		76	89	61	48	138	21	35	128	87
08:15 - 08:30		51	68	53	32	95	21	13	91	54
08:00 - 08:45		45	88	61	39	113	23	15	137	73
08:45 - 09:00		45	85	61	36	135	15	29	124	72
09:00 - 09:15		52	84	62	38	121	22	21	113	58
09:15 - 09:30		52	66	61	26	116	16	33	97	53
09:30 - 09:45		39	61	64	46	112	18	20	82	47
09:45 - 10:00		54	102	68	40	128	30	39	147	80
10:00 - 10:15		47	74	63	39	112	29	23	134	76
10:15 - 10:30		44	88	52	38	99	17	30	101	46
10:30 - 10:45		39	93	71	36	121	25	29	105	69
10:45 - 11:00		37	103	45	33	130	24	27	122	57
11:00 - 11:15		51	88	51	31	89	26	16	121	67
11:15 - 11:30		58	77	41	44	95	26	24	95	51
11:30 - 11:45		30	46	26	28	73	19	18	72	44
11:45 - 12:00		25	72	40	24	77	23	10	86	46
12:00 - 12:15		43	50	29	20	60	12	17	60	36
12:15 - 12:30		59	74	59	36	128	23	16	129	61
12:30 - 12:45		44	87	73	60	118	50	20	92	51
12:45 - 13:00		53	91	46	38	111	23	26	125	83
13:00 - 13:15		43	65	44	37	117	21	18	121	82
13:15 - 13:30		50	85	46	48	123	30	13	101	53
13:30 - 13:45		57	67	47	30	113	29	15	113	67
13:45 - 14:00		46	59	47	39	125	21	18	106	59
14:00 - 14:15		38	59	61	30	134	15	26	114	71
14:15 - 14:30		49	81	59	36	115	26	19	100	56
14:30 - 14:45		47	82	54	33	117	21	15	100	49
14:45 - 15:00		53	71	64	31	127	23	20	104	59
15:00 - 15:15		27	48	45	20	84	15	5	117	29
15:15 - 15:30		39	56	44	24	78	12	19	62	39
15:30 - 15:45		27	53	37	23	75	14	15	78	38
15:45 - 16:00		40	103	65	49	101	15	26	117	54
16:00 - 16:15		49	60	55	28	101	16	30	82	57
16:15 - 16:30		50	76	61	35	93	23	28	115	54
16:30 - 16:45		32	76	52	33	90	27	19	110	54
16:45 - 17:00		69	109	53	46	104	39	36	147	62
17:00 - 17:15		49	127	77	55	97	51	49	155	54
17:15 - 17:30		50	95	55	45	84	25	34	109	45
17:30 - 17:45		58	86	51	45	76	33	44	121	71
17:45 - 18:00		46	94	45	38	92	26	44	108	44
18:00 - 18:15		41	72	43	22	90	21	15	95	51
18:15 - 18:30		58	49	62	31	141	30	21	107	64
18:30 - 18:45		45	74	59	33	150	20	18	119	76
18:45 - 19:00		48	49	52	42	100	16	19	111	72
19:00 - 19:15		77	66	63	36	113	32	22	107	57
19:15 - 19:30		43	58	59	19	105	27	26	86	62
19:30 - 19:45		60	47	52	49	120	39	21	104	41
19:45 - 20:00		61	50	62	55	132	41	30	110	48

3.3.3.2. Porcentaje de vehículos en la intersección por hora.

De estos valores podemos determinar el porcentaje de participación en el volumen total de tráfico de cada tipo de vehículo.

Tabla 16

Resumen de aforo vehicular en intervalos de 1 hora

Intervalo de tiempo	Fase	Motos	Vehículos Ligero				Bus	Camión			Tráilers		Veh. Especiales			
		Motocicleta Mototaxi/ motocarga Cuatrimoto o triciclo	Auto	Camioneta Cerrada o abierta Minivan	Combi	Custer	2 ejes 3 a más ejes	Pequeño 2 ejes 3 ejes a mas	3 ejes 4 a más ejes 2 cuerpos	Camión Bombero	Ambulancia/ policía / Serenazgo	Grúa o Cisterna	Maquinaria Pesada			
6.00	Fase 1	153		172			2	9			0		0			
-	Fase 2	210		190			5	11			0		0			
7.00	Fase 3	117		220			7	17			6		2			
7.00	Fase 1	296		280			7	19			1		2			
-	Fase 2	391		360			6	22			0		5			
8.00	Fase 3	232		328			3	27			4		0			
8.00	Fase 1	331		323			4	16			1		1			
-	Fase 2	316		282			8	23			0		5			
9.00	Fase 3	265		367			9	28			10		4			
9.00	Fase 1	288		324			12	16			1		3			
-	Fase 2	315		269			22	18			1		1			
10.00	Fase 3	263		343			13	17			4		4			
10.00	Fase 1	289		326			13	15			0		3			
-	Fase 2	303		307			8	15			1		0			
11.00	Fase 3	238		378			14	17			10		4			
11.00	Fase 1	202		253			10	22			6		0			
-	Fase 2	195		251			7	17			0		0			
12.00	Fase 3	201		295			13	15			5		1			
12.00	Fase 1	247		331			2	19			2		1			
-	Fase 2	281		285			5	23			1		1			
13.00	Fase 3	228		312			2	28			4		1			
13.00	Fase 1	257		302			1	13			2		1			
-	Fase 2	311		337			1	16			0		3			
14.00	Fase 3	237		345			3	24			9		0			
14.00	Fase 1	242		329			11	8			5		1			
-	Fase 2	326		297			11	8			1		6			
15.00	Fase 3	216		354			11	14			4		3			
15.00	Fase 1	206		260			15	16			0		1			
-	Fase 2	198		234			14	9			2		1			
16.00	Fase 3	173		273			19	18			3		0			
16.00	Fase 1	219		390			1	11			2		0			
-	Fase 2	230		335			3	11			0		0			
17.00	Fase 3	233		408			3	16			4		3			
17.00	Fase 1	253		411			14	11			0		6			
-	Fase 2	237		350			9	6			0		1			
18.00	Fase 3	242		437			15	18			5		0			
18.00	Fase 1	239		309			17	5			1		2			
-	Fase 2	313		320			15	3			0		0			
19.00	Fase 3	270		367			10	10			4		0			
19.00	Fase 1	219		350			4	15			3		0			
-	Fase 2	302		378			4	13			1		0			
20.00	Fase 3	250		362			2	7			0		0			

Tabla 17

Clasificación del flujo vehicular expresado en porcentaje (%) por tipo de vehículo

Intervalo de tiempo	Fase	Motos	Vehículos Ligero				Bus	Camión			Tráilers	Veh. Especiales							
		Motocicleta Mototaxi/ motocarga Cuatrimoto o triciclo	Auto	Camioneta	Minivan	Combi	Custer	2 ejes	3 a más ejes	Pequeño	2 ejes	3 ejes a más	3 ejes	4 a más ejes	2 cuerpos	Camión Bombero	Ambulancia/ policía	Grúa o Cisterna	Maquinaria Pesada
6.00	Fase 1	45.536%		51.190%				0.595%		2.679%			0.000%				0.000%		
-	Fase 2	50.481%		45.673%				1.202%		2.644%			0.000%				0.000%		
7.00	Fase 3	31.707%		59.621%				1.897%		4.607%			1.626%				0.542%		
7.00	Fase 1	48.926%		46.281%				1.157%		3.140%			0.165%				0.331%		
-	Fase 2	49.872%		45.918%				0.765%		2.806%			0.000%				0.638%		
8.00	Fase 3	39.057%		55.219%				0.505%		4.545%			0.673%				0.000%		
8.00	Fase 1	48.964%		47.781%				0.592%		2.367%			0.148%				0.148%		
-	Fase 2	49.842%		44.479%				1.262%		3.628%			0.000%				0.789%		
9.00	Fase 3	38.799%		53.734%				1.318%		4.100%			1.464%				0.586%		
9.00	Fase 1	44.720%		50.311%				1.863%		2.484%			0.155%				0.466%		
-	Fase 2	50.319%		42.971%				3.514%		2.875%			0.160%				0.160%		
10.00	Fase 3	40.839%		53.261%				2.019%		2.640%			0.621%				0.621%		
10.00	Fase 1	44.737%		50.464%				2.012%		2.322%			0.000%				0.464%		
-	Fase 2	47.792%		48.423%				1.262%		2.366%			0.158%				0.000%		
11.00	Fase 3	36.006%		57.186%				2.118%		2.572%			1.513%				0.605%		
11.00	Fase 1	40.974%		51.318%				2.028%		4.462%			1.217%				0.000%		
-	Fase 2	41.489%		53.404%				1.489%		3.617%			0.000%				0.000%		
12.00	Fase 3	37.925%		55.660%				2.453%		2.830%			0.943%				0.189%		
12.00	Fase 1	41.030%		54.983%				0.332%		3.156%			0.332%				0.166%		
-	Fase 2	47.148%		47.819%				0.839%		3.859%			0.168%				0.168%		
13.00	Fase 3	39.652%		54.261%				0.348%		4.870%			0.696%				0.174%		
13.00	Fase 1	44.618%		52.431%				0.174%		2.257%			0.347%				0.174%		
-	Fase 2	46.557%		50.449%				0.150%		2.395%			0.000%				0.449%		
14.00	Fase 3	38.350%		55.825%				0.485%		3.883%			1.456%				0.000%		
14.00	Fase 1	40.604%		55.201%				1.846%		1.342%			0.839%				0.168%		
-	Fase 2	50.231%		45.763%				1.695%		1.233%			0.154%				0.924%		
15.00	Fase 3	35.880%		58.804%				1.827%		2.326%			0.664%				0.498%		
15.00	Fase 1	41.365%		52.209%				3.012%		3.213%			0.000%				0.201%		
-	Fase 2	43.231%		51.092%				3.057%		1.965%			0.437%				0.218%		
16.00	Fase 3	35.597%		56.173%				3.909%		3.704%			0.617%				0.000%		
16.00	Fase 1	35.152%		62.600%				0.161%		1.766%			0.321%				0.000%		
-	Fase 2	39.724%		57.858%				0.518%		1.900%			0.000%				0.000%		
17.00	Fase 3	34.933%		61.169%				0.450%		2.399%			0.600%				0.450%		
17.00	Fase 1	36.403%		59.137%				2.014%		1.583%			0.000%				0.863%		
-	Fase 2	39.303%		58.043%				1.493%		0.995%			0.000%				0.166%		
18.00	Fase 3	33.752%		60.948%				2.092%		2.510%			0.697%				0.000%		
18.00	Fase 1	41.710%		53.927%				2.967%		0.873%			0.175%				0.349%		
-	Fase 2	48.080%		49.155%				2.304%		0.461%			0.000%				0.000%		
19.00	Fase 3	40.847%		55.522%				1.513%		1.513%			0.605%				0.000%		
19.00	Fase 1	37.056%		59.222%				0.677%		2.538%			0.508%				0.000%		
-	Fase 2	43.266%		54.155%				0.573%		1.862%			0.143%				0.000%		
20.00	Fase 3	40.258%		58.293%				0.322%		1.127%			0.000%				0.000%		

3.3.3.3. Tabulaciones de vehículos equivalentes por fase. Para poder

calcular los flujos de saturación es necesario sumar por cada fase del tránsito, de la siguiente manera:

Fase I: Flujo 1 (giro a la derecha), flujo 4 (recto) y flujo 7 (giro a la izquierda).

Fase II: Flujo 8 (giro a la derecha), flujo 2 (recto) y flujo 5 (giro a la izquierda).

Fase III: Flujo 6 (giro a la derecha), flujo 9 (recto) y flujo 3 (giro a la izquierda).

Tabla 18*Flujo vehicular por fase en periodos de una hora*

Periodo en Horas	FASES	Flujo vehicular "q"
06:00	FASE I	433
	FASE II	511
	FASE III	546
07:00	FASE I	770
	FASE II	912
	FASE III	774
08:00	FASE I	823
	FASE II	748
	FASE III	896
09:00	FASE I	807
	FASE II	745
	FASE III	825
10:00	FASE I	795
	FASE II	734
	FASE III	857
11:00	FASE I	631
	FASE II	580
	FASE III	679
12:00	FASE I	743
	FASE II	708
	FASE III	750
13:00	FASE I	684
	FASE II	767
	FASE III	800
14:00	FASE I	757
	FASE II	739
	FASE III	765
15:00	FASE I	616
	FASE II	530
	FASE III	625
16:00	FASE I	778
	FASE II	661
	FASE III	830
17:00	FASE I	874
	FASE II	696
	FASE III	919
18:00	FASE I	685
	FASE II	725
	FASE III	802
19:00	FASE I	730
	FASE II	802
	FASE III	746

3.3.4. Cálculo de flujo de saturación de la intersección en estudio

Se calculó el grado de saturación por hora utilizando los datos del ciclo semafórico y los aforos vehiculares; los resultados se muestran en la tabla siguiente.

Ecuación: Ecuación del Flujo de Saturación

$$S = S_0 f_w f_{HV} f_g f_p f_{bb} f_a f_{LU} f_{LT} f_{RT} f_{Lpb} f_{Rpb} \dots (56)$$

Tabla 19

Cálculo del flujo de saturación por fase

CALCULO DE FLUJO DE SATURACIÓN "S"															
Fases	Nº Carriles	S ₀	f _w	f _{HV}	P _g	f _g	f _p	f _{bb}	f _a	f _{lu}	f _{LT}	f _{RT}	f _{Lpb}	f _{Rpb}	S
FASE I	2	1900	0.96	0.9997	5	0.98	1	0.9996	0.9	1	0.85	0.95	1	1	1233
FASE II	2	1900	0.96	0.9996	6	0.97	1	0.9996	0.9	1	0.85	0.95	1	1	1227
FASE III	2	1900	0.96	0.9991	7	0.97	1	0.9993	0.9	1	0.85	0.95	1	1	1219

3.3.5. Cálculo de la capacidad de la intersección (Q)

Con los datos obtenidos del flujo de saturación por fase, se calcula el valor de capacidad u oferta ajustada (Q) para cada fase de la intersección.

Tabla 20

Ciclo semafórico actual

Ciclo semafórico actual (datos de campo)				
Fases	Duración total de ciclo	Tiempo verde	Ámbar	Todo rojo
FASE I	135	37	3	1
FASE II		40	3	2
FASE III		45	3	1

Tabla 21

Capacidad de demanda por fases y por hora de intersección

Periodo en Horas	Pérdidas de tiempo	CAPACIDAD DE DEMANDA POR FASES			Flujo de saturación "S"	Capacidad por grupo de carriles "Q"
		Tiempo de verde (variable por hora)		Ciclo total		
06:00 - 07:00	16	Fase I	25	100	1233	676
		Fase II	30		1227	751
		Fase III	29		1219	857
07:00 - 08:00	16	Fase I	25	100	1233	676
		Fase II	34		1227	751
		Fase III	25		1219	857
08:00 - 09:00	16	Fase I	28	100	1233	676
		Fase II	28		1227	751
		Fase III	28		1219	857
09:00 - 10:00	16	Fase I	28	100	1233	676
		Fase II	28		1227	751
		Fase III	28		1219	857
10:00 - 11:00	16	Fase I	28	100	1233	676
		Fase II	28		1227	751
		Fase III	28		1219	857
11:00 - 12:00	16	Fase I	28	100	1233	676
		Fase II	28		1227	751
		Fase III	28		1219	857
12:00 - 13:00	16	Fase I	28	100	1233	676
		Fase II	28		1227	751
		Fase III	28		1219	857
13:00 - 14:00	16	Fase I	25	100	1233	676
		Fase II	31		1227	751
		Fase III	28		1219	857
14:00 - 15:00	16	Fase I	27	100	1233	676
		Fase II	30		1227	751
		Fase III	27		1219	857
15:00 - 16:00	16	Fase I	28	100	1233	676
		Fase II	27		1227	751
		Fase III	29		1219	857
16:00 - 17:00	16	Fase I	29	100	1233	676
		Fase II	26		1227	751
		Fase III	29		1219	857
17:00 - 18:00	16	Fase I	30	100	1233	676
		Fase II	24		1227	751
		Fase III	30		1219	857
18:00 - 19:00	16	Fase I	25	100	1233	676
		Fase II	31		1227	751
		Fase III	28		1219	857
19:00 - 20:00	16	Fase I	26	100	1233	676
		Fase II	31		1227	751
		Fase III	27		1219	858

3.3.6. Cálculo del grado de saturación de la intersección en estudio

Con los datos del ciclo semafórico real y los aforos vehiculares, se calculó el grado de saturación para cada hora analizada, cuyos resultados se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 22

Grado de saturación para ciclo semafórico actual

Periodo en Horas	Grado de saturación de la intersección en estado actual									
	CICLO SEMAFÓRICO (Tomado en campo)				GRADO DE SATURACIÓN					
	Intervalo de cambio de fase	Duración de ciclo	Tiempo de verde (por Fase)		Q	q	Yi	Xi	X (Grado de saturación)	Xc (Grado de saturación crítico)
06:00 - 07:00	13	135	Fase I	37	676	433	0.18	0.641	0.653	1.091
			Fase II	40	751	511	0.2	0.68		
			Fase III	45	857	546	0.21	0.637		
07:00 - 08:00	13	135	Fase I	37	676	770	0.31	1.14	1.093	1.091
			Fase II	40	751	912	0.36	1.214		
			Fase III	45	857	774	0.3	0.903		
08:00 - 09:00	13	135	Fase I	37	676	823	0.33	1.218	1.088	1.091
			Fase II	40	751	748	0.3	0.996		
			Fase III	45	857	896	0.35	1.046		
09:00 - 10:00	13	135	Fase I	37	676	807	0.33	1.194	1.05	1.091
			Fase II	40	751	745	0.29	0.992		
			Fase III	45	857	825	0.32	0.963		
10:00 - 11:00	13	135	Fase I	37	676	795	0.32	1.176	1.052	1.091
			Fase II	40	751	734	0.29	0.976		
			Fase III	45	857	857	0.33	1		
11:00 - 12:00	13	135	Fase I	37	676	631	0.26	0.934	0.833	1.091
			Fase II	40	751	580	0.23	0.772		
			Fase III	45	857	679	0.26	0.792		
12:00 - 13:00	13	135	Fase I	37	676	743	0.3	1.099	0.972	1.091
			Fase II	40	751	708	0.28	0.943		
			Fase III	45	857	750	0.29	0.875		
13:00 - 14:00	13	135	Fase I	37	676	684	0.28	1.013	0.987	1.091
			Fase II	40	751	767	0.3	1.021		
			Fase III	45	857	800	0.31	0.933		
14:00 - 15:00	13	135	Fase I	37	676	757	0.31	1.121	0.999	1.091
			Fase II	40	751	739	0.29	0.984		
			Fase III	45	857	765	0.3	0.893		
15:00 - 16:00	13	135	Fase I	37	676	616	0.25	0.911	0.786	1.091
			Fase II	40	751	530	0.21	0.705		
			Fase III	45	857	625	0.24	0.73		
16:00 - 17:00	13	135	Fase I	37	676	778	0.32	1.152	1.005	1.091
			Fase II	40	751	661	0.26	0.88		
			Fase III	45	857	830	0.32	0.968		
17:00 - 18:00	13	135	Fase I	37	676	874	0.35	1.293	1.109	1.091
			Fase II	40	751	696	0.27	0.926		
			Fase III	45	857	919	0.36	1.072		
18:00 - 19:00	13	135	Fase I	37	676	685	0.28	1.013	0.969	1.091
			Fase II	40	751	725	0.29	0.965		
			Fase III	45	857	802	0.31	0.935		
19:00 - 20:00	13	135	Fase I	37	676	730	0.3	1.08	1.007	1.091
			Fase II	40	751	802	0.32	1.067		
			Fase III	45	858	746	0.29	0.87		

También se determinó el grado de saturación crítico, mediante la fórmula:

Ecuación: Ecuación de Grado de Saturación Crítico

$$X_c = \frac{C}{(C - T_p)} * \sum_1^n Y_i \quad \dots(57)$$

Donde:

X_c: Grado de saturación crítico.

C: Duración del ciclo (Segundos)

T_p: Tiempo total perdido del ciclo (Segundos)

Y_i: Relación entre el q/S, para cada carril crítico de la fase i.

3.3.7. Demoras

Se determinaron las demoras para cada periodo de una hora considerando las ecuaciones obteniendo:

$$d_i = d_1 + d_2 + d_3 \quad \dots(58)$$

En donde:

d_i = Demora media por acceso (Segundo/vehículos)

d_1 = Demora uniforme (Segundo/vehículos)

d_2 = Demora incremental (Segundo/vehículos)

d_3 = Demora inicial (Segundo/vehículos)

Tabla 23

Cálculo de demoras para intersección para ciclo semafórico actual

DEMORAS PARA INTERSECCIÓN CON CICLO SEMAFORICO ACTUAL																
Periodo en Horas	CICLO SEMAFÓRICO (Tomado en campo)				GRADO DE SATURACIÓN				CALCULO DE TIEMPOS DE DEMORA							
	Intervalo de cambio de fase	Duración de ciclo	Tiempo de verde (por Fase)		Q	q	Yi	Xi	d1	Rp	P	PF	d2	Cola Inicial	d3	d _t
06:00 - 07:00	13	135	Fase I	37	676	433	0.18	0.64	43.3	1	3.65	1	3.37	0	0	47
			Fase II	40	751	511	0.2	0.68	41.5	1	0	1	3.37	0	0	45
			Fase III	45	857	546	0.21	0.64	38.4	1	0	1	2.64	0	0	41
07:00 - 08:00	13	135	Fase I	37	676	770	0.31	1.14	49	1	3.65	1	55.8	0	0	105
			Fase II	40	751	912	0.36	1.21	47.5	1	0	1	88.6	0	0	136
			Fase III	45	857	774	0.3	0.9	45	1	0	1	5.36	0	0	50
08:00 - 09:00	13	135	Fase I	37	676	823	0.33	1.22	49	1	3.65	1	89.3	0	0	138
			Fase II	40	751	748	0.3	1	47.5	1	0	1	9.47	0	0	57
			Fase III	45	857	896	0.35	1.05	45	1	0	1	19.3	0	0	64
09:00 - 10:00	13	135	Fase I	37	676	807	0.33	1.19	49	1	3.65	1	78.9	0	0	128
			Fase II	40	751	745	0.29	0.99	47.5	1	0	1	9.13	0	0	57
			Fase III	45	857	825	0.32	0.96	45	1	0	1	6.86	0	0	52
10:00 - 11:00	13	135	Fase I	37	676	795	0.32	1.18	49	1	3.65	1	71.3	0	0	120
			Fase II	40	751	734	0.29	0.98	47.5	1	0	1	8.19	0	0	56
			Fase III	45	857	857	0.33	1	45	1	0	1	9.24	0	0	54
11:00 - 12:00	13	135	Fase I	37	676	631	0.26	0.93	46.1	1	3.65	1	7.33	0	0	53
			Fase II	40	751	580	0.23	0.77	44.4	1	0	1	4.24	0	0	49
			Fase III	45	857	679	0.26	0.79	41.5	1	0	1	3.94	0	0	45
12:00 - 13:00	13	135	Fase I	37	676	743	0.3	1.1	48.5	1	3.65	1	38.7	0	0	87
			Fase II	40	751	708	0.28	0.94	47	1	0	1	6.94	0	0	54
			Fase III	45	857	750	0.29	0.88	44.4	1	0	1	4.91	0	0	49

Periodo en Horas	Intervalo de cambio de fase	Duración de ciclo	Tiempo de verde (por Fase)	Q	q	Yi	Xi	d1	Rp	P	PF	d2	Cola Inicial	d3	d _t	
13:00 - 14:00	13	135	Fase I	37	676	684	0.28	1.01	48.8	1	3.65	1	11.8	0	0	61
			Fase II	40	751	767	0.3	1.02	47.3	1	0	1	12.7	0	0	60
			Fase III	45	857	800	0.31	0.93	44.7	1	0	1	5.97	0	0	51
14:00 - 15:00	13	135	Fase I	37	676	757	0.31	1.12	49	1	3.65	1	47.6	0	0	97
			Fase II	40	751	739	0.29	0.98	47.5	1	0	1	8.6	0	0	56
			Fase III	45	857	765	0.3	0.89	45	1	0	1	5.19	0	0	50
15:00 - 16:00	13	135	Fase I	37	676	616	0.25	0.91	45.3	1	3.65	1	6.8	0	0	52
			Fase II	40	751	530	0.21	0.71	43.6	1	0	1	3.59	0	0	47
			Fase III	45	857	625	0.24	0.73	40.6	1	0	1	3.36	0	0	44
16:00 - 17:00	13	135	Fase I	37	676	778	0.32	1.15	49	1	3.65	1	60.8	0	0	110
			Fase II	40	751	661	0.26	0.88	47.5	1	0	1	5.63	0	0	53
			Fase III	45	857	830	0.32	0.97	45	1	0	1	7.07	0	0	52
17:00 - 18:00	13	135	Fase I	37	676	874	0.35	1.29	49	1	3.65	1	121	0	0	170
			Fase II	40	751	696	0.27	0.93	47.5	1	0	1	6.5	0	0	54
			Fase III	45	857	919	0.36	1.07	45	1	0	1	29.2	0	0	74
18:00 - 19:00	13	135	Fase I	37	676	685	0.28	1.01	48.4	1	3.65	1	11.8	0	0	60
			Fase II	40	751	725	0.29	0.97	46.9	1	0	1	7.67	0	0	55
			Fase III	45	857	802	0.31	0.94	44.3	1	0	1	6.02	0	0	50
19:00 - 20:00	13	135	Fase I	37	676	730	0.3	1.08	49	1	3.65	1	31.1	0	0	80
			Fase II	40	751	802	0.32	1.07	47.5	1	0	1	26.6	0	0	74
			Fase III	45	858	746	0.29	0.87	45	1	0	1	4.85	0	0	50

3.3.8. Niveles de servicio

Con los datos de demora se determina los niveles de servicio para cada hora.

Tabla 24

Nivel de servicio de la intersección para ciclo semafórico actual

Niveles de servicio					
Periodo en Horas	Fases	d_{total}	Nivel de servicio por fase	Tiempo de demora ponderado	Nivel de servicio de intersección
06:00 - 07:00	Fase I	47	D	44	D
	Fase II	45	D		
	Fase III	41	D		
07:00 - 08:00	Fase I	105	F	95	F
	Fase II	136	F		
	Fase III	50	D		
08:00 - 09:00	Fase I	138	F	84	F
	Fase II	57	E		
	Fase III	64	E		
09:00 - 10:00	Fase I	128	F	76	E
	Fase II	57	E		
	Fase III	52	D		
10:00 - 11:00	Fase I	120	F	74	E
	Fase II	56	E		
	Fase III	54	D		
11:00 - 12:00	Fase I	53	D	49	D
	Fase II	49	D		
	Fase III	45	D		
12:00 - 13:00	Fase I	87	F	62	E
	Fase II	54	D		
	Fase III	49	D		
13:00 - 14:00	Fase I	61	E	57	E
	Fase II	60	E		
	Fase III	51	D		
14:00 - 15:00	Fase I	97	F	66	E
	Fase II	56	E		
	Fase III	50	D		
15:00 - 16:00	Fase I	52	D	47	D
	Fase II	47	D		
	Fase III	44	D		
16:00 - 17:00	Fase I	110	F	70	E
	Fase II	53	D		
	Fase III	52	D		
17:00 - 18:00	Fase I	170	F	96	F
	Fase II	54	D		
	Fase III	74	E		
18:00 - 19:00	Fase I	60	E	55	D
	Fase II	55	D		
	Fase III	50	D		
19:00 - 20:00	Fase I	80	F	67	E
	Fase II	74	E		
	Fase III	50	D		

3.3.9. Propuesta de ciclo semafórico variable

3.3.9.1. Cálculo tiempos de ámbar y todo rojo. En primer lugar, se procede a calcular el intervalo de cambio de fase para cada una de las fases del ciclo.

Intervalo de cambio de fase I

$$y1 = \left(1 + \frac{11.20}{2 * (3.05)}\right) + \left(\frac{20.14 + 6.1}{11.20}\right)$$

$$y1 = (2.84) + (2.34)$$

Redondeamos:

Ambar (Fase I): 3.00 seg

Todo Rojo (Fase I): 2.00 seg

Intervalo de cambio de fase II

$$y1 = \left(1 + \frac{11.20}{2 * (3.05)}\right) + \left(\frac{22.35 + 6.1}{11.20}\right)$$

$$y1 = (2.84) + (2.54)$$

Redondeamos:

Ambar (Fase II): 3.00 seg

Todo Rojo (Fase II): 3.00 seg

Intervalo de cambio de fase III

$$y1 = \left(1 + \frac{11.20}{2 * (3.05)}\right) + \left(\frac{20.14 + 6.1}{11.20}\right)$$

$$y1 = (2.84) + (2.34)$$

Redondeamos:

Ambar (Fase III): 3.00 seg

Todo Rojo (Fase III): 2.00 seg

Pérdida de tiempo por ciclo.

$$y = (A1 + A2 + A3) + (TR1 + TR2 + TR3) = (3 + 3 + 3) + (2 + 3 + 2)$$

$$y = 16$$

Como este intervalo depende de las propiedades geométricas su valor es el mismo para todas las horas del periodo en estudio.

3.3.9.2. Variación en el ciclo semafórico. Se ha podido observar que durante el ciclo semafórico existen ciertos flujos que no tienen restricción o flujo opuesto durante ciertos periodos del tiempo de rojo, estos flujos por lo tanto pueden deducirse al generar pases libres durante el periodo de rojo, alternando según la fase a la que le corresponde el periodo de verde, esto se expresa en el siguiente gráfico.

Tabla 25

Flujos que no presentan o presentan poca oposición al sentido de una fase en verde

Flujo sin oposición durante el periodo de verde por fase		
Fase	Verde	Flujo sin oposición (giro a la derecha en verde)
Fase I	Flujo 1, flujo 4 y flujo 7	Flujo 8 – fase II
Fase II	Flujo 2, flujo 25 y flujo 8	Flujo 6 – fase II
Fase III	Flujo 3, flujo 6 y flujo 9	Flujo 1 – fase II

Figura 12

Flujo que no presentan oposición al sentido de la fase I en verde.

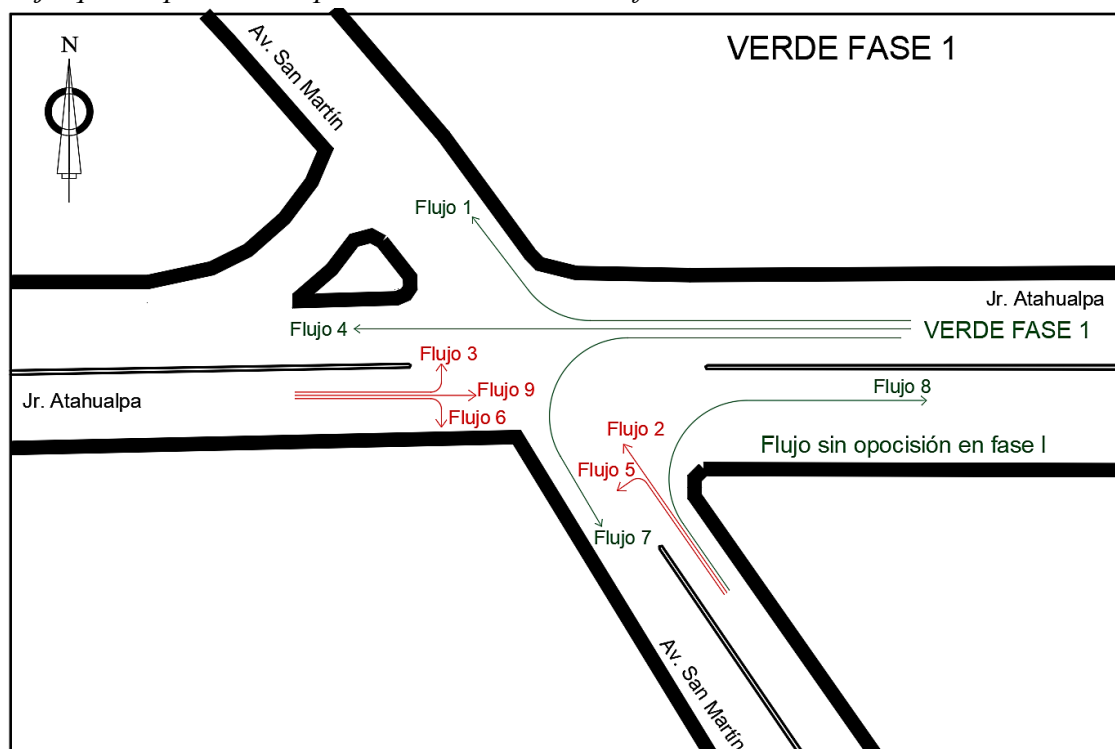


Figura 13

Flujo que no presentan oposición al sentido de la fase II en verde.

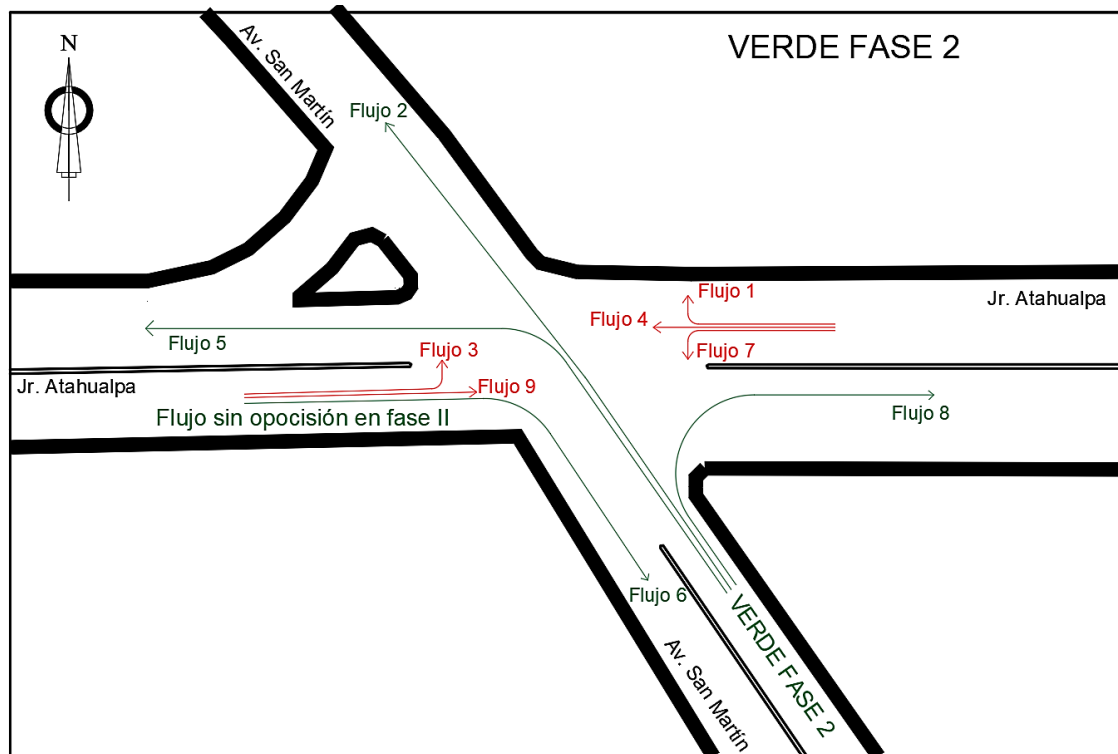
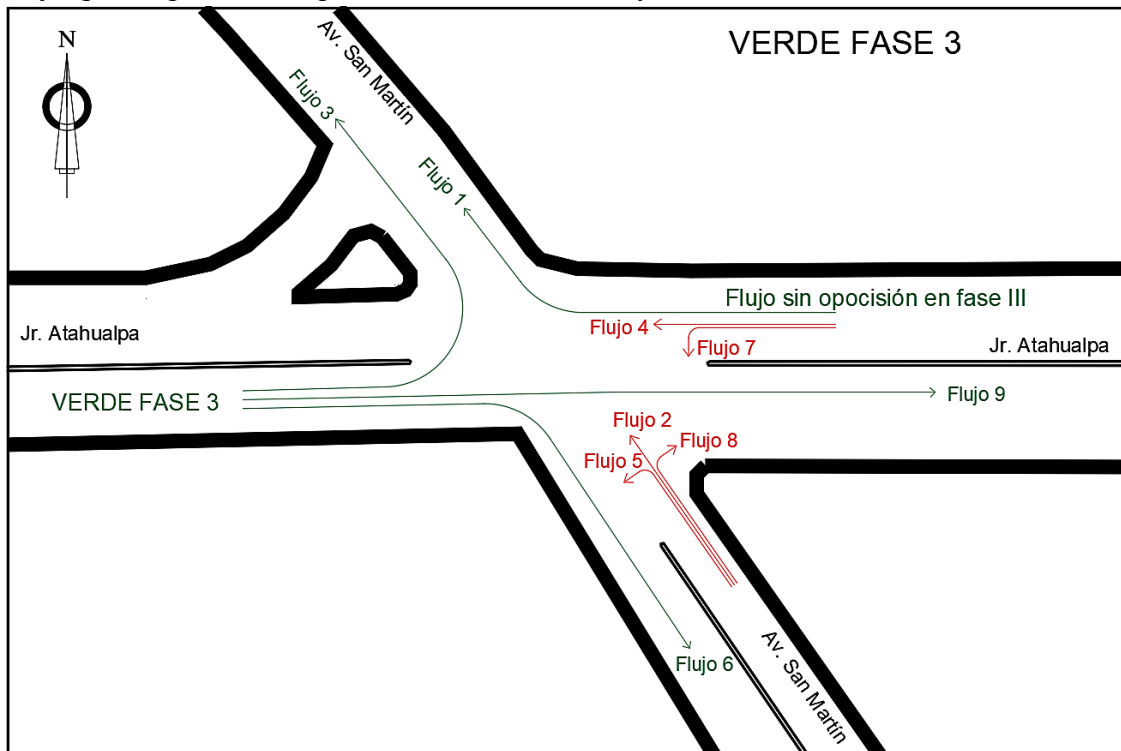


Figura 14

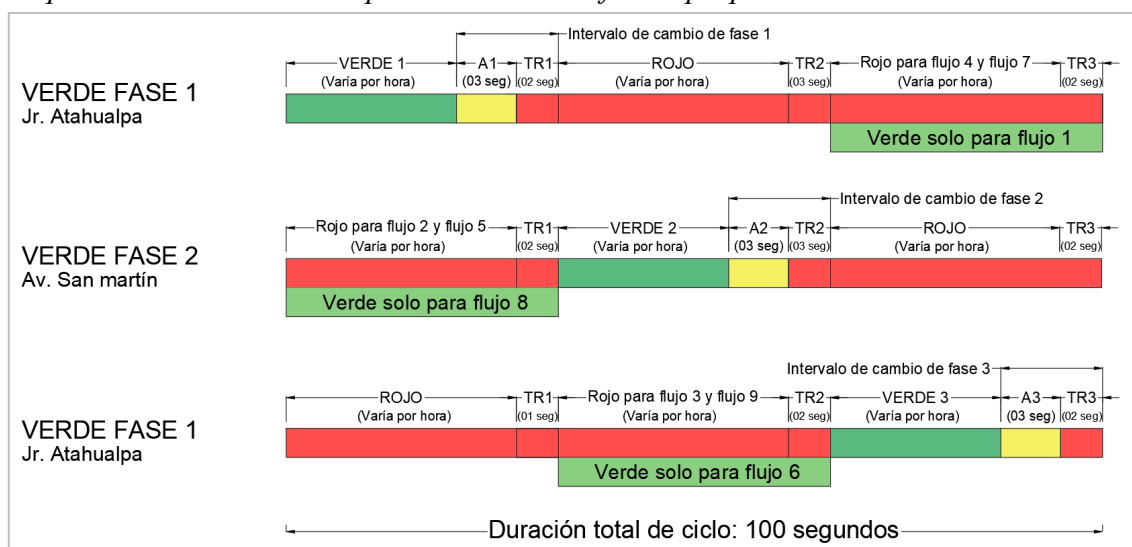
Flujo que no presentan oposición al sentido de la fase III en verde



A estos flujos sin oposición se les puede ceder el paso por el carril derecho durante los periodos de verde correspondiente a los momentos donde no tienen oposición, que no es durante todo el ciclo, de esta forma pueden incorporarse a los semáforos estos pases libres con la ayuda de una flecha en verde de giro a la derecha.

Figura 15

Esquema de cambio de tiempos del ciclo semafórico propuesto



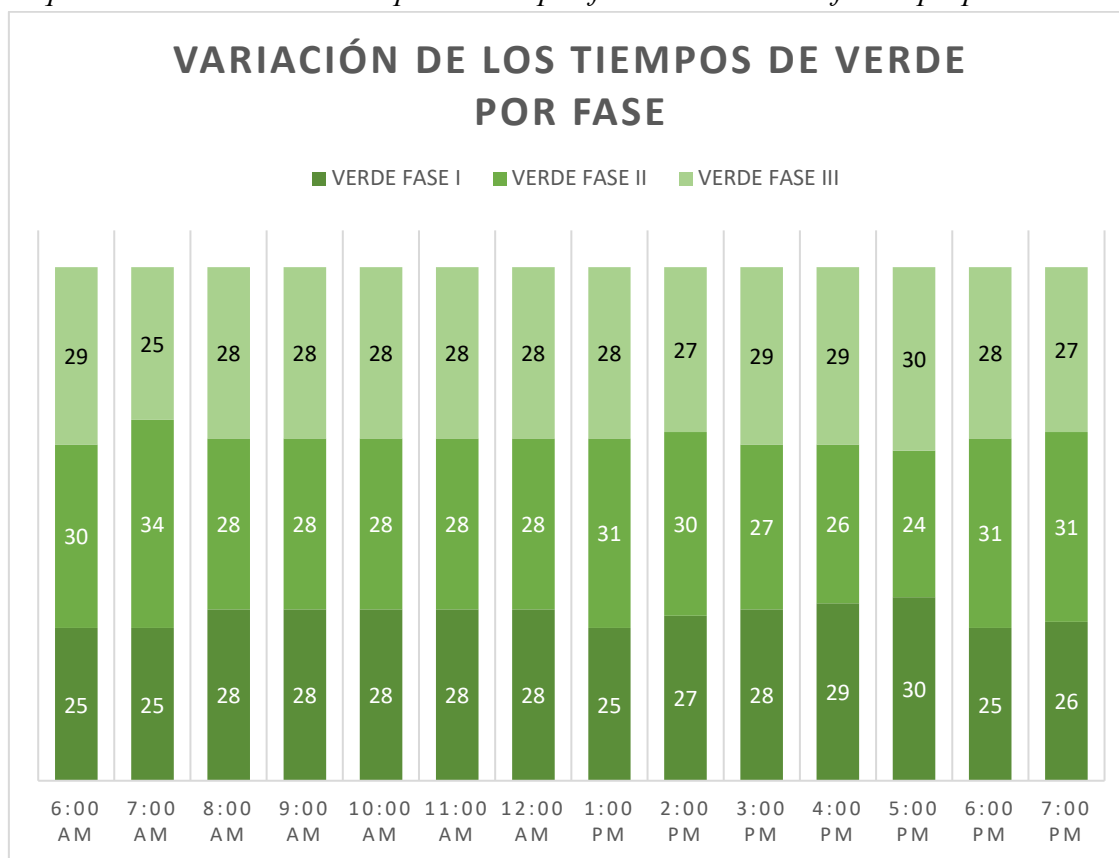
La propuesta de un ciclo semafórico variable consiste en que los tiempos de verde varíen de acuerdo a los flujos vehiculares de cada fase en cada hora del día, de acuerdo al esquema propuesto del ciclo semafórico en la figura anterior, se propone el siguiente ciclo semafórico con tiempos de verde que varían en cada hora.

Tabla 26*Ciclo semafórico propuesto – tiempos de verde variables por hora*

Ciclo semafórico de duración variable				
Periodo en Horas	Intervalo de cambio de fase (Ambar + TR)	Tiempo de verde (variable por hora)		Duración de ciclo (Seg)
06:00 - 07:00	16	Fase I	25	100
		Fase II	30	
		Fase III	29	
07:00 - 08:00	16	Fase I	25	100
		Fase II	34	
		Fase III	25	
08:00 - 09:00	16	Fase I	28	100
		Fase II	28	
		Fase III	28	
09:00 - 10:00	16	Fase I	28	100
		Fase II	28	
		Fase III	28	
10:00 - 11:00	16	Fase I	28	100
		Fase II	28	
		Fase III	28	
11:00 - 12:00	16	Fase I	28	100
		Fase II	28	
		Fase III	28	
12:00 - 13:00	16	Fase I	28	100
		Fase II	28	
		Fase III	28	
13:00 - 14:00	16	Fase I	25	100
		Fase II	31	
		Fase III	28	
14:00 - 15:00	16	Fase I	27	100
		Fase II	30	
		Fase III	27	
15:00 - 16:00	16	Fase I	28	100
		Fase II	27	
		Fase III	29	
16:00 - 17:00	16	Fase I	29	100
		Fase II	26	
		Fase III	29	
17:00 - 18:00	16	Fase I	30	100
		Fase II	24	
		Fase III	30	
18:00 - 19:00	16	Fase I	25	100
		Fase II	31	
		Fase III	28	
19:00 - 20:00	16	Fase I	26	100
		Fase II	31	
		Fase III	27	

Figura 16

Esquema de variación de tiempos verdes por fase del ciclo semafórico propuesto



3.3.9.3. Calibración de la demanda ajustada por variación de ciclo semafórico

Debido a que se permitirán giros a la derecha en periodos de rojo, para flujos que no presentan oposición (figura N° 12-14), se necesita ajustar el valor de la demanda.

$$q_a = q - \left(\frac{g_{op}}{C} * \sum_{i=1}^n q_{op} \right) \dots (58)$$

Donde:

q_a = demanda ajustada calibrada

g_{op} = tiempo de verde para la fase i .

C = tiempo total del ciclo

q_{op} = valor de demanda ajustada en intervalos de 15 minutos, para los flujos que no presentan oposición a la fase i en verde,

n = número de intervalos de observación hechos durante una hora, en este caso 4 intervalos de 15 minutos.

Tabla 27*Demanda ajustada para propuesta de ciclo semafórico*

AJUSTE DE DEMANDA CALIBRADA							
Periodo en Horas	Fases	Tiempo de verde	Ciclo total	q	Flujos sin oposición		qa
06:00	Fase I	25	100	433	flujo 1	86.8	410
	Fase II	30		511	flujo 8	43.82	497
	Fase III	29		546	flujo 6	151.82	499
07:00	Fase I	25	100	770	flujo 1	206.96	618
	Fase II	34		912	flujo 8	85.79	849
	Fase III	25		774	flujo 6	216.05	615
08:00	Fase I	28	100	823	flujo 1	213.55	666
	Fase II	28		748	flujo 8	71.31	695
	Fase III	28		896	flujo 6	256.95	707
09:00	Fase I	28	100	807	flujo 1	229.73	638
	Fase II	28		745	flujo 8	75.98	689
	Fase III	28		825	flujo 6	214.8	667
10:00	Fase I	28	100	795	flujo 1	207.39	642
	Fase II	28		734	flujo 8	84.38	671
	Fase III	28		857	flujo 6	224.12	692
11:00	Fase I	28	100	631	flujo 1	141.83	527
	Fase II	28		580	flujo 8	85.22	517
	Fase III	28		679	flujo 6	187.45	541
12:00	Fase I	28	100	743	flujo 1	186.14	606
	Fase II	28		708	flujo 8	96.48	637
	Fase III	28		750	flujo 6	209.36	595
13:00	Fase I	25	100	684	flujo 1	165.8	562
	Fase II	31		767	flujo 8	90.79	700
	Fase III	28		800	flujo 6	234.94	627
14:00	Fase I	27	100	757	flujo 1	214.84	599
	Fase II	30		739	flujo 8	75.39	684
	Fase III	27		765	flujo 6	211.53	610
15:00	Fase I	28	100	616	flujo 1	171.81	489
	Fase II	27		530	flujo 8	49.4	494
	Fase III	29		625	flujo 6	144.45	519
16:00	Fase I	29	100	778	flujo 1	198.75	632
	Fase II	26		661	flujo 8	93.53	592
	Fase III	29		830	flujo 6	205.09	679
17:00	Fase I	30	100	874	flujo 1	205.46	722
	Fase II	24		696	flujo 8	120.84	607
	Fase III	30		919	flujo 6	193.06	777
18:00	Fase I	25	100	685	flujo 1	194.5	541
	Fase II	31		725	flujo 8	76.56	669
	Fase III	28		802	flujo 6	236.17	628
19:00	Fase I	26	100	730	flujo 1	213.11	573
	Fase II	31		802	flujo 8	125.39	710
	Fase III	27		746	flujo 6	187.7	608

3.3.9.4.Cálculo del grado de saturación para propuesta de ciclo semafórico.

Con estos datos podemos calcular el grado de saturación.

Tabla 28

Cálculo del grado de saturación para propuesta de ciclo semafórico

PROPUESTA DE CICLO SEMAFÓRICO					GRADO DE SATURACIÓN					
Periodo en Horas	Intervalo de cambio de fase (Ambar + TR)	Tiempo de verde (variable por hora)	Duración de ciclo	Q	q	Yi	X (Grado de Saturación por fase)	X (Grado de saturación ponderado)	Xc (Grado de saturación crítico)	
06:00 - 07:00	16	Fase I	25	100	616	410	0.17	0.665	0.663	0.993
		Fase II	30		761	497	0.2	0.654		
		Fase III	29		745	499	0.19	0.67		
07:00 - 08:00	16	Fase I	25	100	616	618	0.25	1.002	0.982	0.993
		Fase II	34		862	849	0.33	0.985		
		Fase III	25		643	615	0.24	0.957		
08:00 - 09:00	16	Fase I	28	100	691	666	0.27	0.965	0.976	0.993
		Fase II	28		710	695	0.27	0.98		
		Fase III	28		720	707	0.27	0.982		
09:00 - 10:00	16	Fase I	28	100	690	638	0.26	0.924	0.941	0.993
		Fase II	28		710	689	0.27	0.97		
		Fase III	28		720	667	0.26	0.926		
10:00 - 11:00	16	Fase I	28	100	690	642	0.26	0.93	0.946	0.993
		Fase II	28		710	671	0.26	0.946		
		Fase III	28		720	692	0.27	0.961		
11:00 - 12:00	16	Fase I	28	100	690	527	0.21	0.763	0.748	0.993
		Fase II	28		710	517	0.2	0.728		
		Fase III	28		720	541	0.21	0.751		

PROPUESTA DE CICLO SEMAFÓRICO					GRADO DE SATURACIÓN					
Periodo en Horas	Intervalo de cambio de fase (Ambar + TR)	Tiempo de verde (variable por hora)		Duración de ciclo	Q	q	Yi	X (Grado de Saturación por fase)	X (Grado de saturación ponderado)	Xc (Grado de saturación crítico)
12:00 - 13:00	16	Fase I	28	100	690	606	0.25	0.877	0.868	0.993
		Fase II	28							
		Fase III	28							
13:00 - 14:00	16	Fase I	25	100	617	562	0.23	0.912	0.89	0.993
		Fase II	31							
		Fase III	28							
14:00 - 15:00	16	Fase I	27	100	666	599	0.24	0.9	0.892	0.993
		Fase II	30							
		Fase III	27							
15:00 - 16:00	16	Fase I	28	100	690	489	0.2	0.709	0.708	0.993
		Fase II	27							
		Fase III	29							
16:00 - 17:00	16	Fase I	29	100	715	632	0.26	0.884	0.898	0.993
		Fase II	26							
		Fase III	29							
17:00 - 18:00	16	Fase I	30	100	740	722	0.29	0.976	0.994	0.993
		Fase II	24							
		Fase III	30							
18:00 - 19:00	16	Fase I	25	100	617	541	0.22	0.878	0.866	0.993
		Fase II	31							
		Fase III	28							
19:00 - 20:00	16	Fase I	26	100	641	573	0.23	0.894	0.891	0.993
		Fase II	31							
		Fase III	27							

3.3.10. Demoras de la intersección aplicando la propuesta de ciclo semafórico

Se determinaron las demoras para cada periodo de una hora.

Tabla 29

Cálculo de demoras para propuesta de ciclo semafórico

Propuesta de ciclo semafórico				Grado de saturación				Cálculo de tiempos de demora							
Periodo en Horas	Intervalo de cambio de fase (Ambar + TR)	Tiempo de verde (variable por hora)	Duración de ciclo	Q	q	Yi	X (Grado de Saturación por fase)	d1	Rp	P	PF	d2	Cola Inicial	d3	Dt
06:00 - 07:00	16	Fase I	25	100	616	410	0.17	0.665	33.71	1	0.25	1	3.93	0	38
		Fase II	30		761	497	0.2	0.654	30.58	1	0.3	1	3.11	0	34
		Fase III	29		745	499	0.19	0.67	31.2	1	0.29	1	3.31	0	35
07:00 - 08:00	16	Fase I	25	100	616	618	0.25	1.002	37.27	1	0.25	1	11.08	0	48
		Fase II	34		862	849	0.33	0.985	32.69	1	0.34	1	7.94	0	41
		Fase III	25		643	615	0.24	0.957	37.27	1	0.25	1	8.32	0	46
08:00 - 09:00	16	Fase I	28	100	691	666	0.27	0.965	35.66	1	0.28	1	8.16	0	44
		Fase II	28		710	695	0.27	0.98	35.66	1	0.28	1	8.69	0	44
		Fase III	28		720	707	0.27	0.982	35.66	1	0.28	1	8.75	0	44
09:00 - 10:00	16	Fase I	28	100	690	638	0.26	0.924	35.19	1	0.28	1	6.94	0	42
		Fase II	28		710	689	0.27	0.97	35.19	1	0.28	1	8.24	0	43
		Fase III	28		720	667	0.26	0.926	35.19	1	0.28	1	6.76	0	42
10:00 - 11:00	16	Fase I	28	100	690	642	0.26	0.93	35.26	1	0.28	1	7.09	0	42
		Fase II	28		710	671	0.26	0.946	35.26	1	0.28	1	7.34	0	43
		Fase III	28		720	692	0.27	0.961	35.26	1	0.28	1	7.78	0	43
11:00 - 12:00	16	Fase I	28	100	690	527	0.21	0.763	32.78	1	0.28	1	4.51	0	37
		Fase II	28		710	517	0.2	0.728	32.78	1	0.28	1	4.02	0	37
		Fase III	28		720	541	0.21	0.751	32.78	1	0.28	1	4.2	0	37

Propuesta de ciclo semafórico				Grado de saturación				Cálculo de tiempos de demora							
Periodo en Horas	Intervalo de cambio de fase (Ambar + TR)	Tiempo de verde (variable por hora)	Duración de ciclo	Q	q	Yi	X (Grado de Saturación por fase)	d1	Rp	P	PF	d2	Cola Inicial	d3	Dt
12:00 - 13:00	16	Fase I 28	100	690	606	0.25	0.877	34.24	1	0.28	1	6.03	0	0	40
		Fase II 28		710	637	0.25	0.898	34.24	1	0.28	1	6.24	0	0	40
		Fase III 28		720	595	0.23	0.827	34.24	1	0.28	1	5.08	0	0	39
13:00 - 14:00	16	Fase I 25	100	617	562	0.23	0.912	36.18	1	0.25	1	7.37	0	0	44
		Fase II 31		786	700	0.28	0.891	32.88	1	0.31	1	5.57	0	0	38
		Fase III 28		720	627	0.24	0.871	34.53	1	0.28	1	5.7	0	0	40
14:00 - 15:00	16	Fase I 27	100	666	599	0.24	0.9	35.1	1	0.27	1	6.65	0	0	42
		Fase II 30		761	684	0.27	0.899	33.46	1	0.3	1	5.88	0	0	39
		Fase III 27		694	610	0.24	0.878	35.1	1	0.27	1	6.02	0	0	41
15:00 - 16:00	16	Fase I 28	100	690	489	0.2	0.709	32.33	1	0.28	1	3.93	0	0	36
		Fase II 27		684	494	0.19	0.721	32.95	1	0.27	1	4.09	0	0	37
		Fase III 29		745	519	0.2	0.696	31.72	1	0.29	1	3.53	0	0	35
16:00 - 17:00	16	Fase I 29	100	715	632	0.26	0.884	34.07	1	0.29	1	5.95	0	0	40
		Fase II 26		659	592	0.23	0.898	35.71	1	0.26	1	6.67	0	0	42
		Fase III 29		746	679	0.26	0.91	34.07	1	0.29	1	6.21	0	0	40
17:00 - 18:00	16	Fase I 30	100	740	722	0.29	0.976	34.9	1	0.3	1	8.29	0	0	43
		Fase II 24		609	607	0.24	0.997	37.92	1	0.24	1	10.69	0	0	49
		Fase III 30		771	777	0.3	1.007	34.9	1	0.3	1	10.51	0	0	45
18:00 - 19:00	16	Fase I 25	100	617	541	0.22	0.878	35.89	1	0.25	1	6.7	0	0	43
		Fase II 31		786	669	0.26	0.851	32.54	1	0.31	1	4.98	0	0	38
		Fase III 28		720	628	0.24	0.872	34.22	1	0.28	1	5.72	0	0	40
19:00 - 20:00	16	Fase I 26	100	641	573	0.23	0.894	35.64	1	0.26	1	6.76	0	0	42
		Fase II 31		786	710	0.28	0.902	32.89	1	0.31	1	5.78	0	0	39
		Fase III 27		695	608	0.24	0.875	35.09	1	0.27	1	5.97	0	0	41

3.3.11. Nivel de servicio de la intersección con la propuesta de ciclo semafórico

En la siguiente tabla se muestran los tiempos de demoras y niveles de servicio aplicando la propuesta de ciclo semafórico.

Tabla 30

Nivel de servicio para intersección para la propuesta de ciclo semafórico

Niveles de servicio					
Periodo en Horas	Fases	Demora total	Nivel de servicio por fase	Demora Ponderada	Nivel de servicio de intersección
06:00 - 07:00	Fase I	38	D	35	D
	Fase II	34	D		
	Fase III	35	D		
07:00 - 08:00	Fase I	48	D	44	D
	Fase II	41	D		
	Fase III	46	D		
08:00 - 09:00	Fase I	44	D	44	D
	Fase II	44	D		
	Fase III	44	D		
09:00 - 10:00	Fase I	42	D	43	D
	Fase II	43	D		
	Fase III	42	D		
10:00 - 11:00	Fase I	42	D	43	D
	Fase II	43	D		
	Fase III	43	D		
11:00 - 12:00	Fase I	37	D	37	D
	Fase II	37	D		
	Fase III	37	D		
12:00 - 13:00	Fase I	40	D	40	D
	Fase II	40	D		
	Fase III	39	D		
13:00 - 14:00	Fase I	44	D	41	D
	Fase II	38	D		
	Fase III	40	D		
14:00 - 15:00	Fase I	42	D	41	D
	Fase II	39	D		
	Fase III	41	D		
15:00 - 16:00	Fase I	36	D	36	D
	Fase II	37	D		
	Fase III	35	D		
16:00 - 17:00	Fase I	40	D	41	D
	Fase II	42	D		
	Fase III	40	D		
17:00 - 18:00	Fase I	43	D	46	D
	Fase II	49	D		
	Fase III	45	D		
18:00 - 19:00	Fase I	43	D	40	D
	Fase II	38	D		
	Fase III	40	D		
19:00 - 20:00	Fase I	42	D	41	D
	Fase II	39	D		
	Fase III	41	D		

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El presente capítulo desarrolla el análisis e interpretación de los resultados obtenidos en el Capítulo III, siguiendo el orden de los objetivos específicos planteados. En particular, se examina la reducción del grado de saturación lograda mediante la modificación del ciclo semafórico en la intersección estudiada. Asimismo, los hallazgos se contrastan con los fundamentos teóricos expuestos en el Capítulo II, destacando coincidencias, diferencias y las explicaciones pertinentes según el contexto del estudio.

4.1. Flujo vehicular

4.1.1. Variación de flujo vehicular

Tabla 31. Resumen del aforo vehicular empleado en el estudio distribuido por fase en intervalos de 15 minutos

Intervalo de Tiempo			FASE I	FASE II	FASE III
06:00	-	06:15	61	91	104
06:15	-	06:30	75	99	98
06:30	-	06:45	109	129	122
06:45	-	07:00	136	150	175
07:00	-	07:15	136	191	192
07:15	-	07:30	167	248	169
07:30	-	07:45	206	214	151
07:45	-	08:00	169	183	194
08:00	-	08:15	209	197	236
08:15	-	08:30	159	141	151
08:00	-	08:45	181	167	216
08:45	-	09:00	179	179	213
09:00	-	09:15	184	173	183
09:15	-	09:30	166	153	172
09:30	-	09:45	152	167	141
09:45	-	10:00	209	188	253
10:00	-	10:15	170	172	222
10:15	-	10:30	171	147	168
10:30	-	10:45	190	173	192
10:45	-	11:00	175	179	197
11:00	-	11:15	177	139	196
11:15	-	11:30	164	156	162
11:30	-	11:45	95	114	127
11:45	-	12:00	129	118	137
12:00	-	12:15	113	88	107
12:15	-	12:30	178	179	198
12:30	-	12:45	190	213	156
12:45	-	13:00	177	163	223
13:00	-	13:15	141	167	211
13:15	-	13:30	169	190	160
13:30	-	13:45	157	165	186

Intervalo	de	tiempo	FASE I	FASE II	FASE III
13:45	-	14:00	140	176	175
14:00	-	14:15	147	172	200
14:15	-	14:30	176	169	167
14:30	-	14:45	171	163	156
14:45	-	15:00	174	174	175
15:00	-	15:15	112	115	149
15:15	-	15:30	128	109	113
15:30	-	15:45	109	107	126
15:45	-	16:00	197	155	187
16:00	-	16:15	151	140	159
16:15	-	16:30	172	143	188
16:30	-	16:45	150	142	175
16:45	-	17:00	215	177	233
17:00	-	17:15	238	189	245
17:15	-	17:30	187	144	179
17:30	-	17:45	180	143	223
17:45	-	18:00	173	148	185
18:00	-	18:15	146	127	154
18:15	-	18:30	153	194	183
18:30	-	18:45	166	195	203
18:45	-	19:00	136	150	192
19:00	-	19:15	187	172	178
19:15	-	19:30	148	146	165
19:30	-	19:45	145	196	160
19:45	-	20:00	157	216	178

Figura 17

Histograma de flujo vehicular de día viernes en periodos de 15 min, fase I

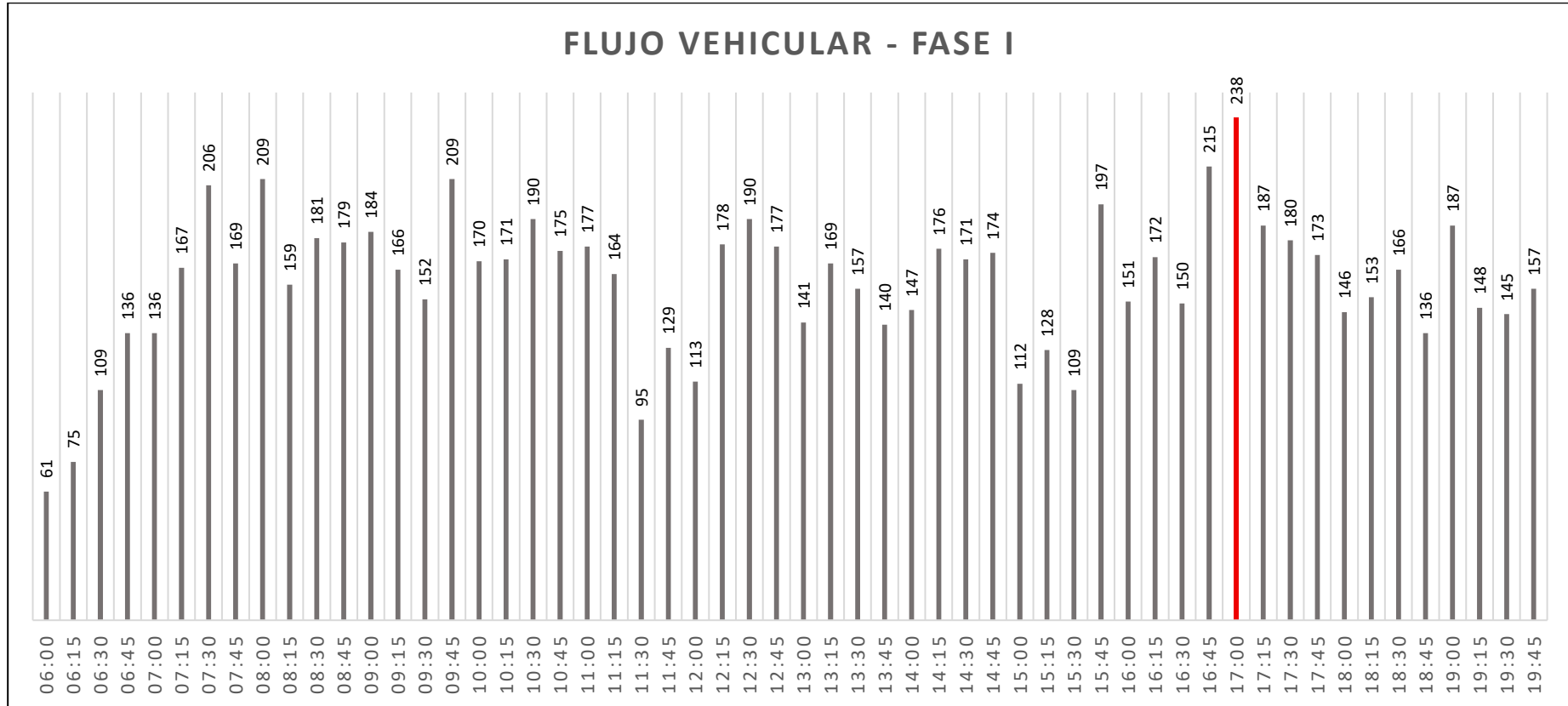


Figura 18

Histograma de flujo vehicular de día viernes en periodos de 15 min, fase II

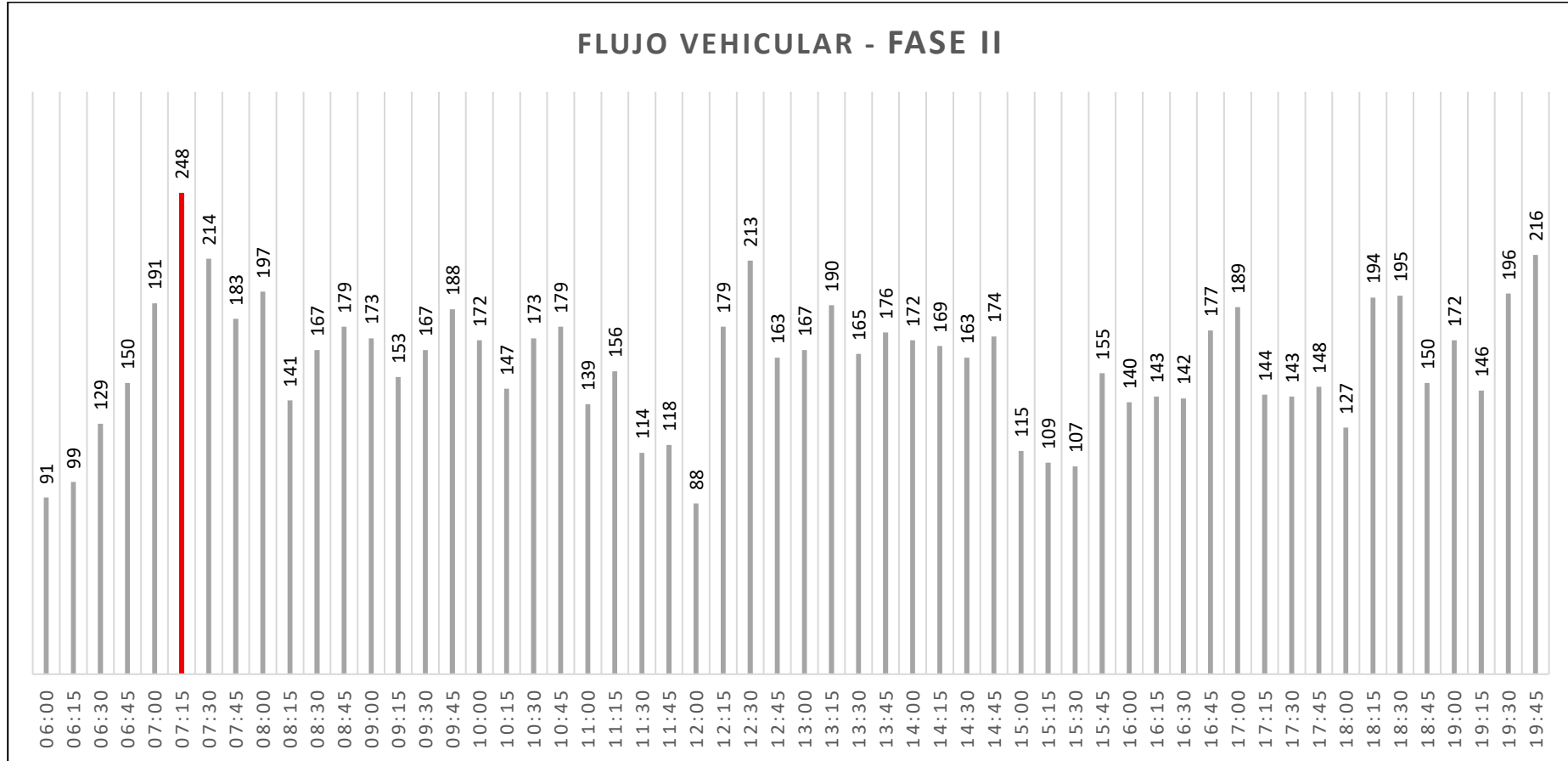
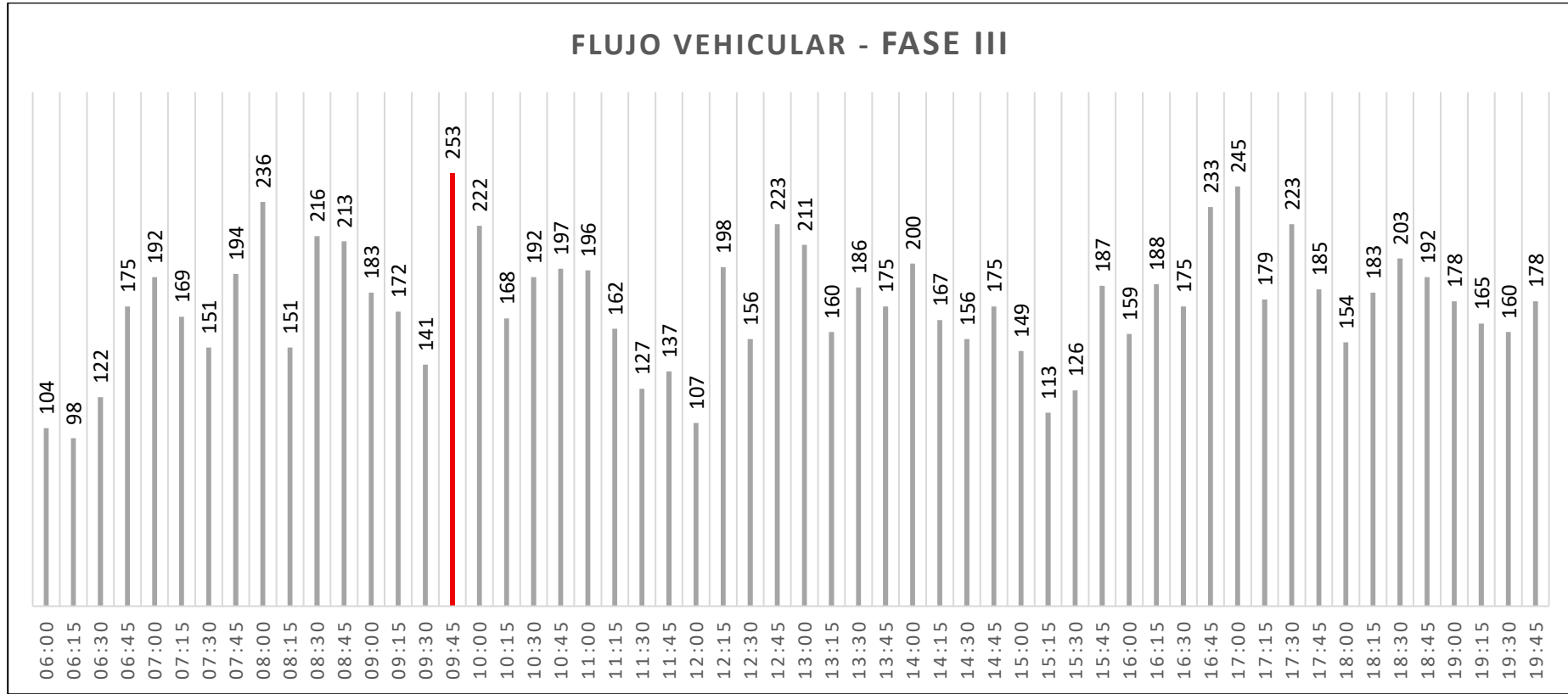


Figura 19

Histograma de flujo vehicular de día viernes en periodos de 15 min, fase III



El análisis del flujo vehicular en la intersección muestra que cada fase del ciclo semafórico presenta una hora pico distinta: la fase I entre las 16:00 y 17:00, la fase II a las 07:15 y la fase III alrededor de las 9:45, como se observa en la tabla 31 y las figuras 17, 18 y 19. Esta variabilidad evidencia que la aplicación de un ciclo semafórico de tiempos fijos resulta ineficiente, ya que no se ajusta a las fluctuaciones reales de la demanda vehicular. Se concluye que la implementación de un ciclo de duración variable, ajustando los tiempos verdes según la demanda de cada fase, permite minimizar el grado de saturación y optimizar la operación de la intersección, mejorando la fluidez del tránsito y la eficiencia del sistema vial.

4.1.2. Distribución de flujo vehicular por sentido de giro

Tabla 32

Cálculo de vehículos equivalentes en intervalos de 15 minutos

Intersección Semaforizada del Jr. Atahualpa y la Av. San Martín									
Intervalo de Tiempo	FASE 1		FASE 2				FASE 3		
	Giro a la izquierda	Sentido Recto	Giro a la derecha	Giro a la izquierda	Sentido Recto	Giro a la derecha	Giro a la izquierda	Sentido Recto	Giro a la derecha
	F 7	F 4	F 1	F 5	F 2	F 8	F 3	F 9	F 6
06:00 - 06:15	24	26	11	26	62	3	15	54	35
06:15 - 06:30	17	39	19	32	63	4	10	60	28
06:30 - 06:45	28	52	29	20	86	23	13	69	40
06:45 - 07:00	34	73	29	26	107	17	13	111	51
07:00 - 07:15	34	59	43	24	148	19	17	115	60
07:15 - 07:30	42	66	59	38	180	30	16	99	54
07:30 - 07:45	56	97	53	39	153	22	11	90	50
07:45 - 08:00	43	72	54	42	125	16	23	117	54
08:00 - 08:15	64	89	56	40	138	19	29	128	79
08:15 - 08:30	42	68	49	27	95	19	11	91	49
08:00 - 08:45	37	88	56	33	113	21	13	137	66
08:45 - 09:00	38	85	56	30	135	14	24	124	65
09:00 - 09:15	44	84	56	32	121	20	17	113	53
09:15 - 09:30	44	66	56	22	116	15	27	97	48
09:30 - 09:45	33	61	58	39	112	16	17	82	42
09:45 - 10:00	45	102	62	33	128	27	33	147	73
10:00 - 10:15	39	74	57	33	112	27	19	134	69
10:15 - 10:30	36	88	47	32	99	16	25	101	42
10:30 - 10:45	33	93	64	30	121	22	24	105	63
10:45 - 11:00	31	103	41	28	130	21	23	122	52

Intersección Semaforizada del Jr. Atahualpa y la Av. San Martín									
Intervalo de Tiempo	FASE 1			FASE 2			FASE 3		
	Giro a la izquierda	Sentido Recto	Giro a la derecha	Giro a la izquierda	Sentido Recto	Giro a la derecha	Giro a la izquierda	Sentido Recto	Giro a la derecha
	F 7	F 4	F 1	F 5	F 2	F 8	F 3	F 9	F 6
11:00 - 11:15	43	88	46	26	89	24	14	121	61
11:15 - 11:30	49	77	38	37	95	24	20	95	47
11:30 - 11:45	25	46	24	23	73	18	15	72	40
11:45 - 12:00	21	72	36	20	77	21	9	86	42
12:00 - 12:15	36	50	27	17	60	11	14	60	33
12:15 - 12:30	50	74	54	30	128	21	13	129	56
12:30 - 12:45	37	87	66	50	118	45	17	92	47
12:45 - 13:00	44	91	42	31	111	21	22	125	76
13:00 - 13:15	36	65	40	31	117	19	15	121	75
13:15 - 13:30	42	85	42	40	123	27	11	101	48
13:30 - 13:45	47	67	43	25	113	27	12	113	61
13:45 - 14:00	38	59	43	32	125	19	15	106	54
14:00 - 14:15	32	59	56	25	134	13	22	114	64
14:15 - 14:30	41	81	54	30	115	24	16	100	51
14:30 - 14:45	40	82	49	27	117	19	12	100	44
14:45 - 15:00	44	71	59	26	127	21	17	104	54
15:00 - 15:15	23	48	41	17	84	14	5	117	27
15:15 - 15:30	32	56	40	20	78	11	16	62	35
15:30 - 15:45	23	53	33	19	75	13	13	78	35
15:45 - 16:00	34	103	60	41	101	13	21	117	49
16:00 - 16:15	41	60	50	24	101	15	25	82	52
16:15 - 16:30	41	76	55	29	93	21	23	115	50
16:30 - 16:45	27	76	47	28	90	24	16	110	49
16:45 - 17:00	58	109	48	38	104	35	30	147	56
17:00 - 17:15	41	127	70	46	97	46	41	155	49
17:15 - 17:30	42	95	50	37	84	23	29	109	41
17:30 - 17:45	48	86	46	37	76	30	37	121	65
17:45 - 18:00	38	94	41	32	92	24	37	108	40
18:00 - 18:15	34	72	40	18	90	19	13	95	46
18:15 - 18:30	48	49	56	26	141	27	18	107	58
18:30 - 18:45	38	74	54	27	150	18	15	119	69
18:45 - 19:00	40	49	47	35	100	15	16	111	65
19:00 - 19:15	64	66	57	30	113	29	19	107	52
19:15 - 19:30	36	58	54	16	105	25	22	86	57
19:30 - 19:45	50	47	48	41	120	35	18	104	38
19:45 - 20:00	51	50	56	46	132	38	25	110	43

Figura 20

Distribución de flujo vehicular por sentido de giro, fase I

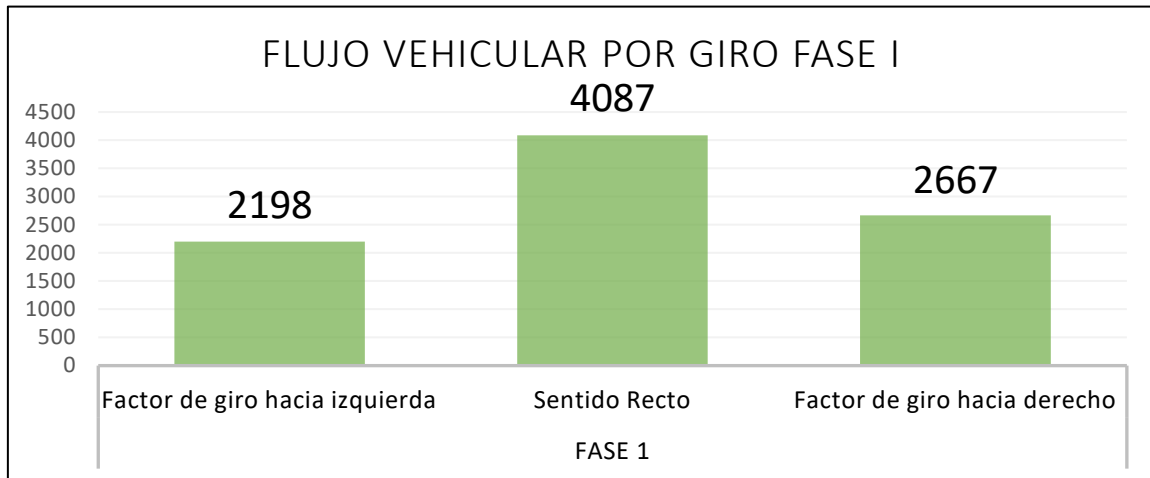


Figura 21

Distribución de flujo vehicular por sentido de giro, fase II

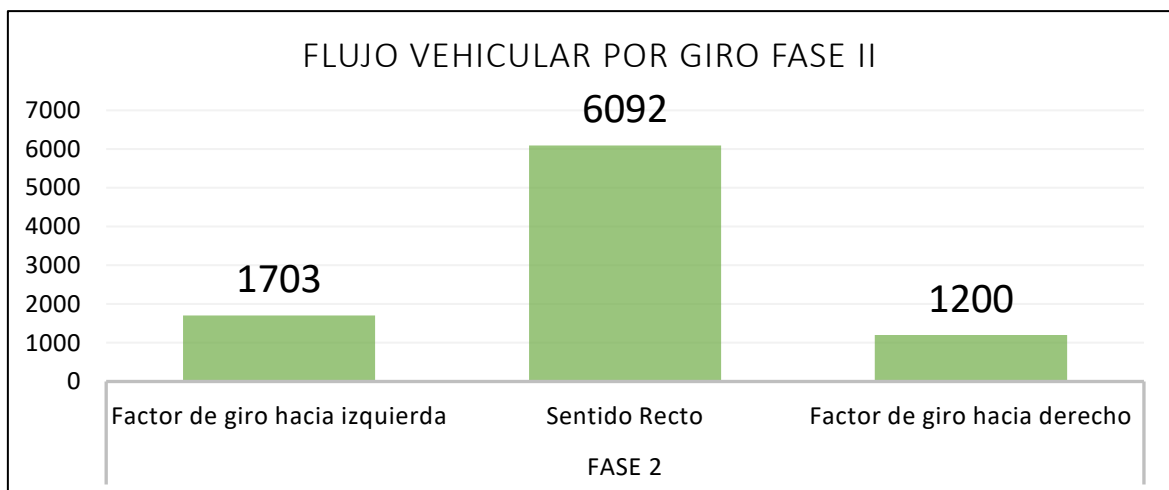
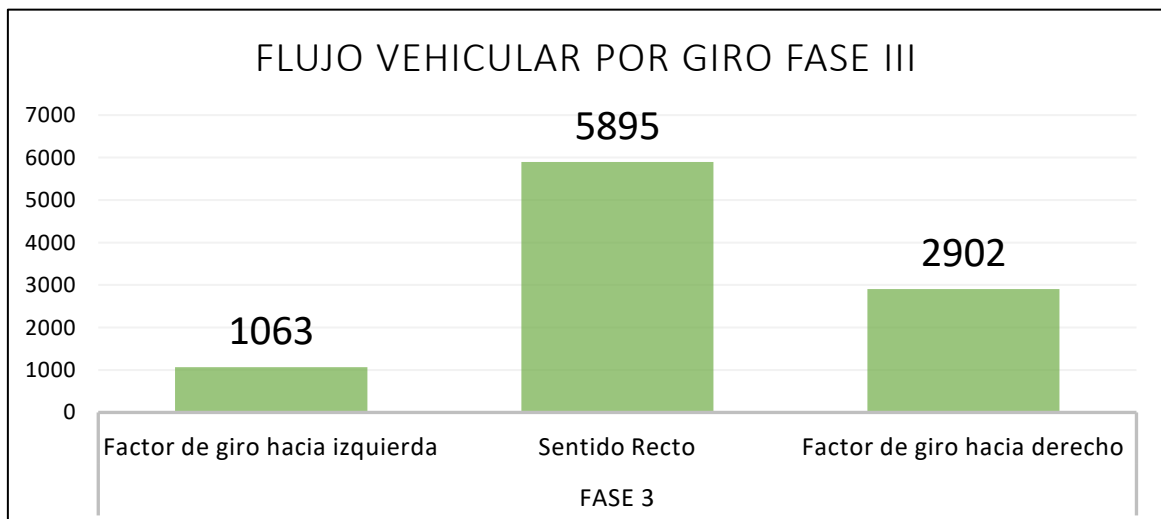


Figura 22

Distribución de flujo vehicular por sentido de giro, fase III



El análisis del flujo vehicular en las tres fases del ciclo semafórico, según lo evidenciado en la tabla 14 y las figuras 20, 21 y 22, indica que la mayor proporción de vehículos realiza movimientos rectos. Esta predominancia sugiere que habilitar giros libres a la derecha para los flujos sin oposición durante los intervalos de rojo de cada fase no incrementaría la congestión; por el contrario, permitiría que los vehículos que giran continúen su recorrido sin detenerse, lo que reduciría la demanda de flujo utilizada en el cálculo del grado de saturación.

4.1.3. Distribución de flujo vehicular por tipo de vehículo

Tabla 33

Variación de la composición del flujo vehicular de la Fase I por tipo de vehículo en intervalos de 1 hora

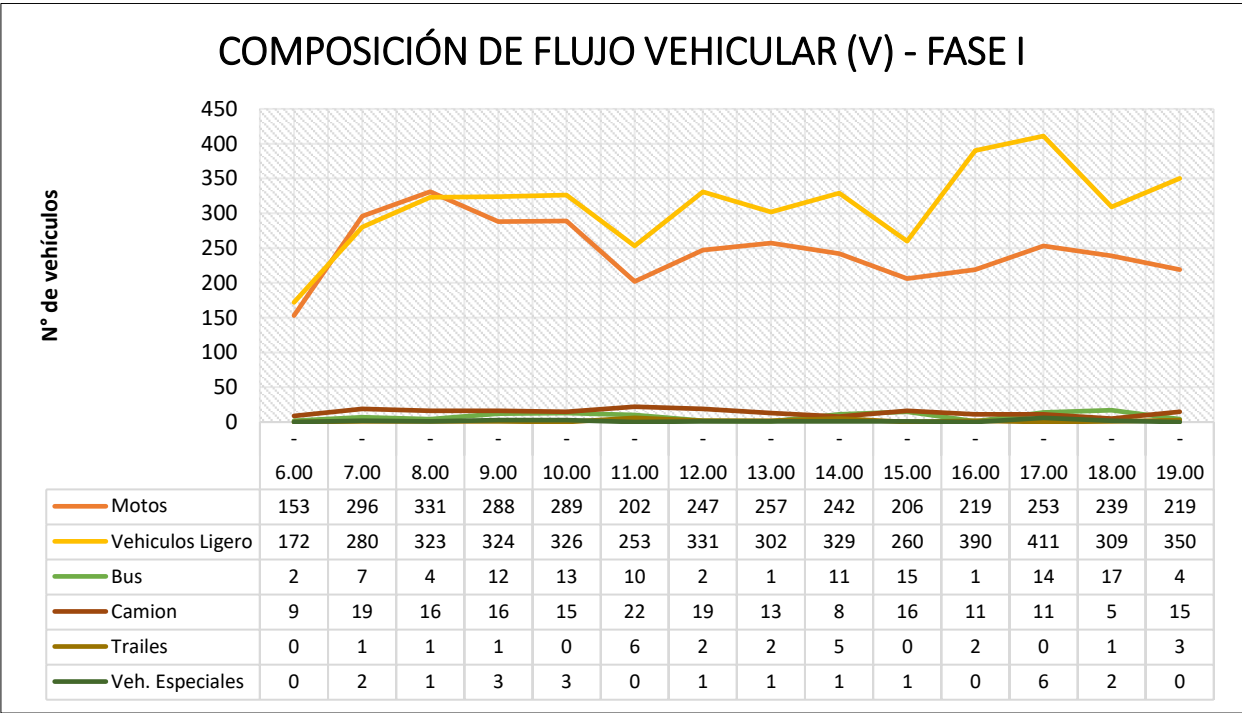
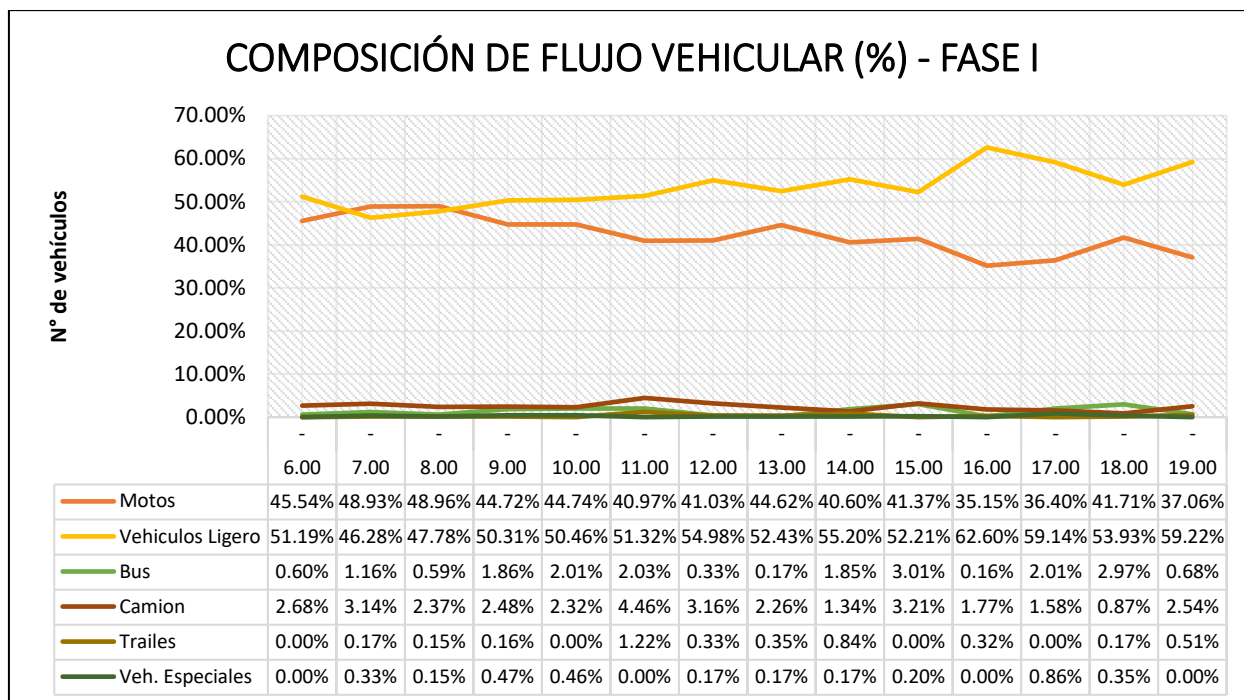


Tabla 34

Variación de la composición del flujo vehicular de la Fase 1 en porcentajes por tipo de vehículo en intervalos de 1 hora

**Tabla 35**

Variación de la composición del flujo vehicular de la Fase 2 por tipo de vehículo en intervalos de 1 hora

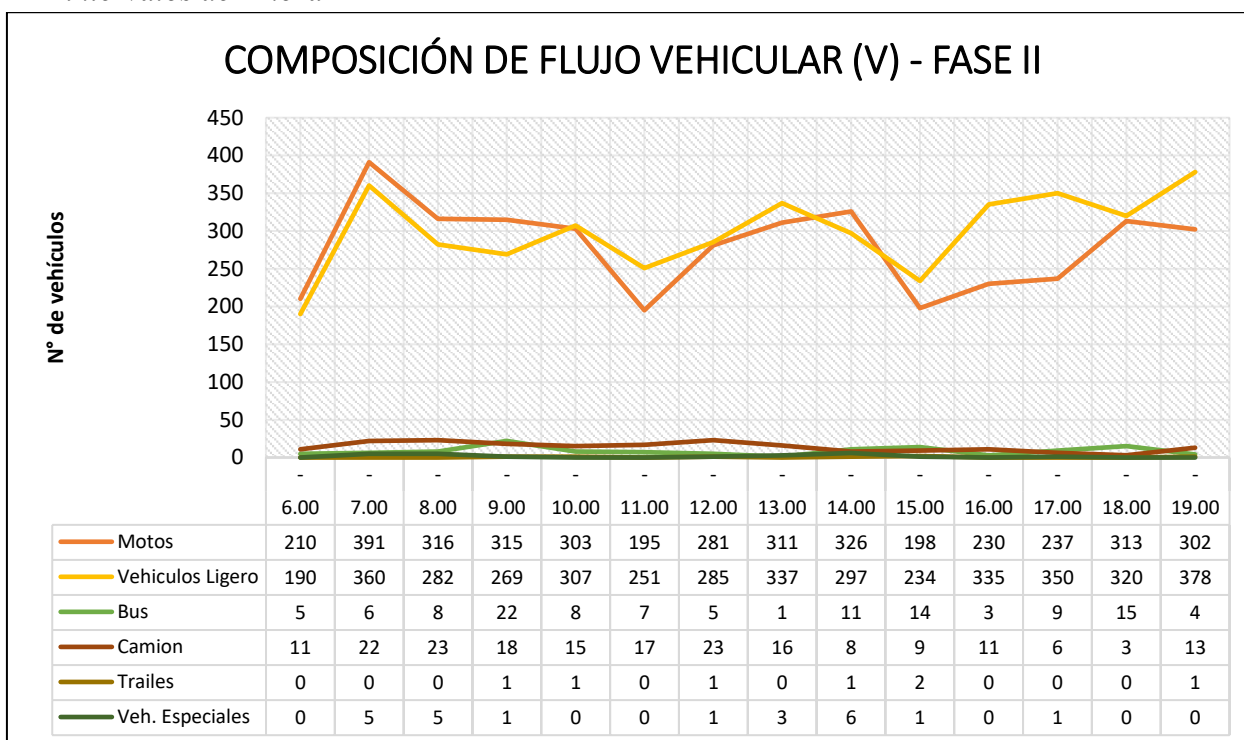
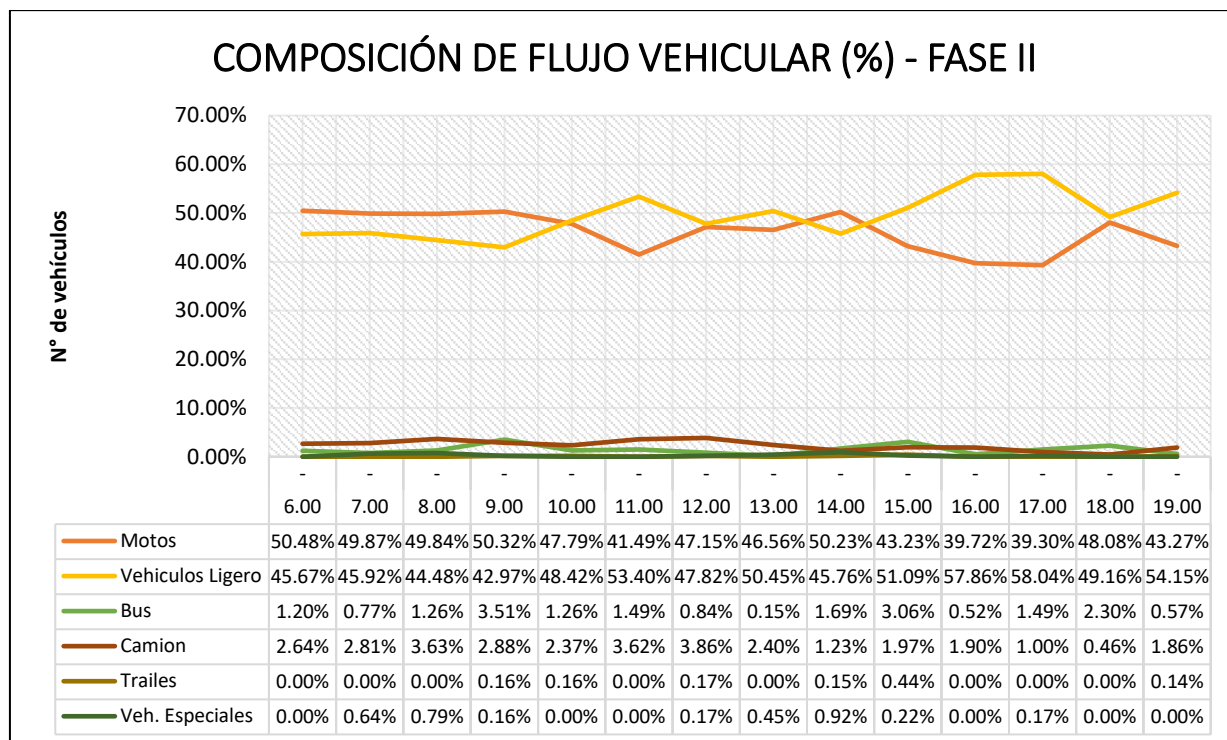


Tabla 36

Variación de la composición del flujo vehicular de la Fase 2 en porcentajes por tipo de vehículo en intervalos de 1 hora

**Tabla 37**

Variación de la composición del flujo vehicular de la Fase 3 por tipo de vehículo en intervalos de 1 hora

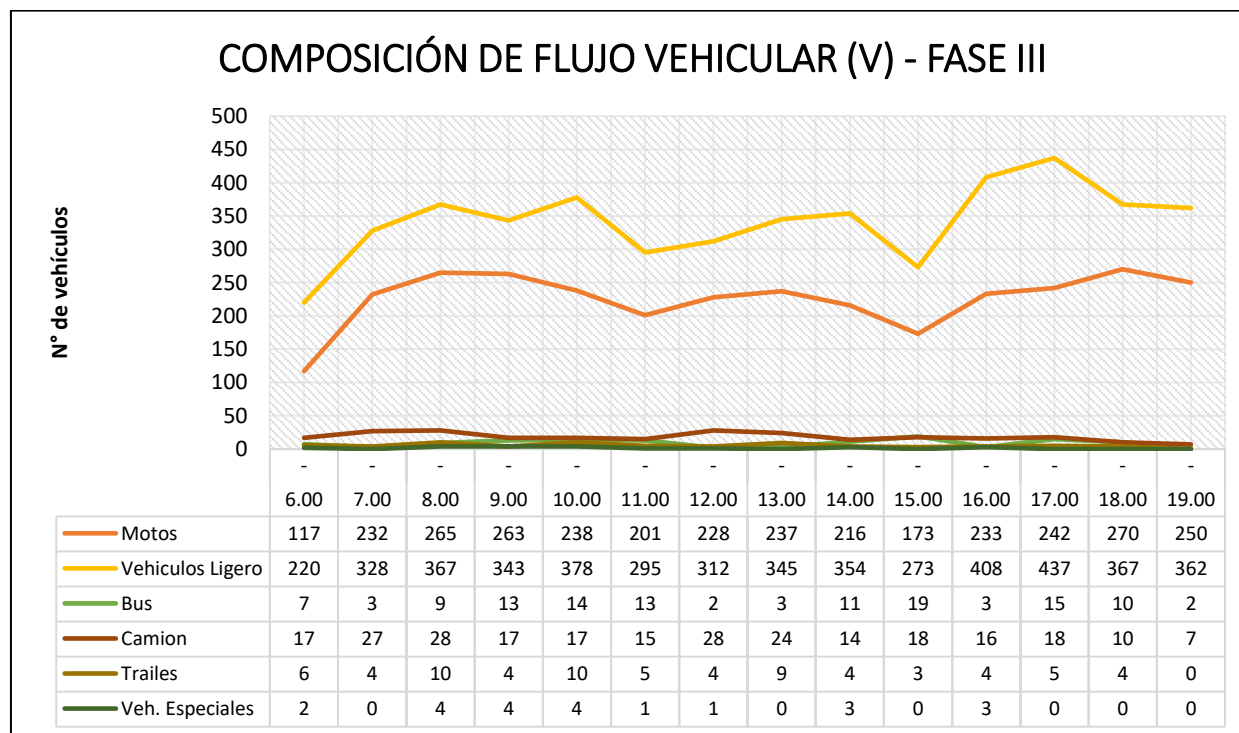
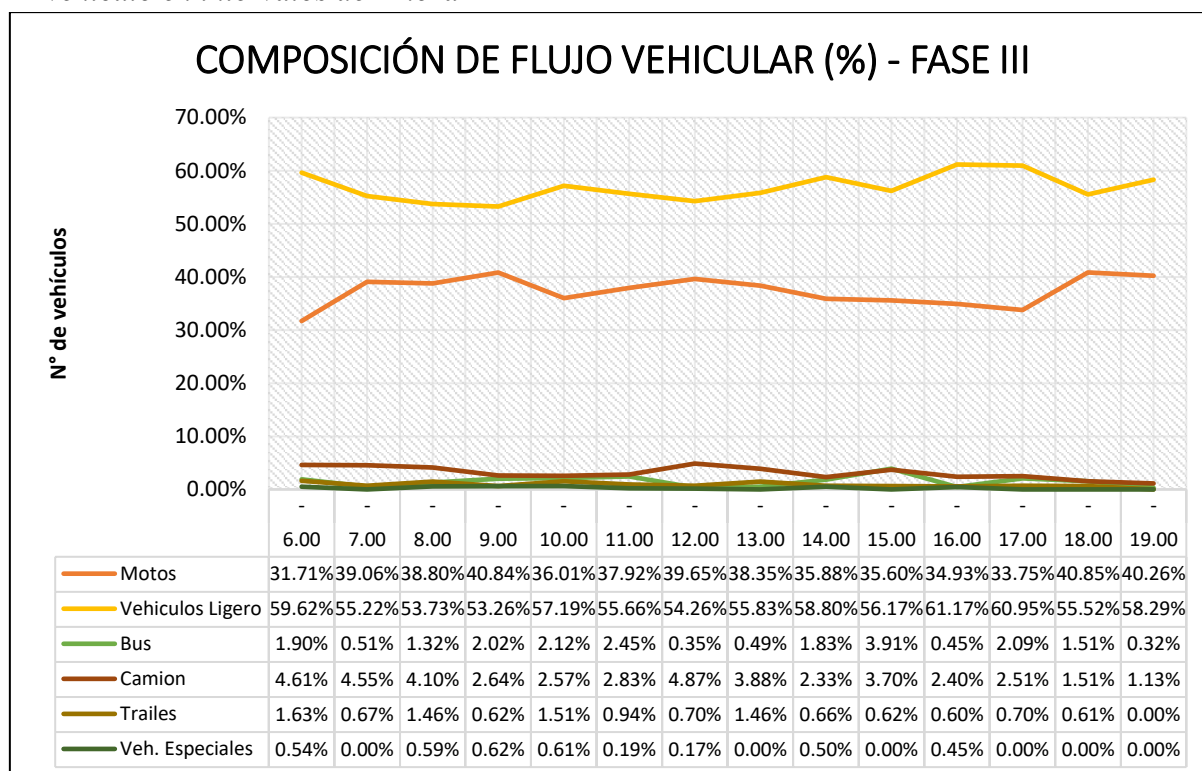


Tabla 38

Variación de la composición del flujo vehicular de la Fase 3 en porcentajes por tipo de vehículo en intervalos de 1 hora



Estos resultados muestran la variación del flujo vehicular a lo largo del día, se observa que la coexistencia de distintos tipos de vehículos, incluyendo transporte público como combis y buses, así como motos y automóviles particulares, genera fluctuaciones significativas en la demanda por fase. Estas variaciones no solo aumentan la complejidad del control semafórico, sino que también incrementan el grado de saturación en los periodos de máxima demanda, ya que los vehículos pesados y de transporte público requieren más tiempo para despejar la intersección en comparación con los automóviles particulares. Por tanto, la presencia simultánea de estos diferentes modos de transporte contribuye a una mayor congestión y refuerza la necesidad de ajustar dinámicamente los tiempos de verde de cada fase, en lugar de aplicar ciclos semafóricos fijos, con el fin de minimizar la saturación y optimizar la operación de la intersección.

4.2.Ciclo semafórico de duración variable

4.2.1. Fases y giros del ciclo semafórico

Figura 23

Fases y giros de intersección para propuesta de ciclo (Fase I)

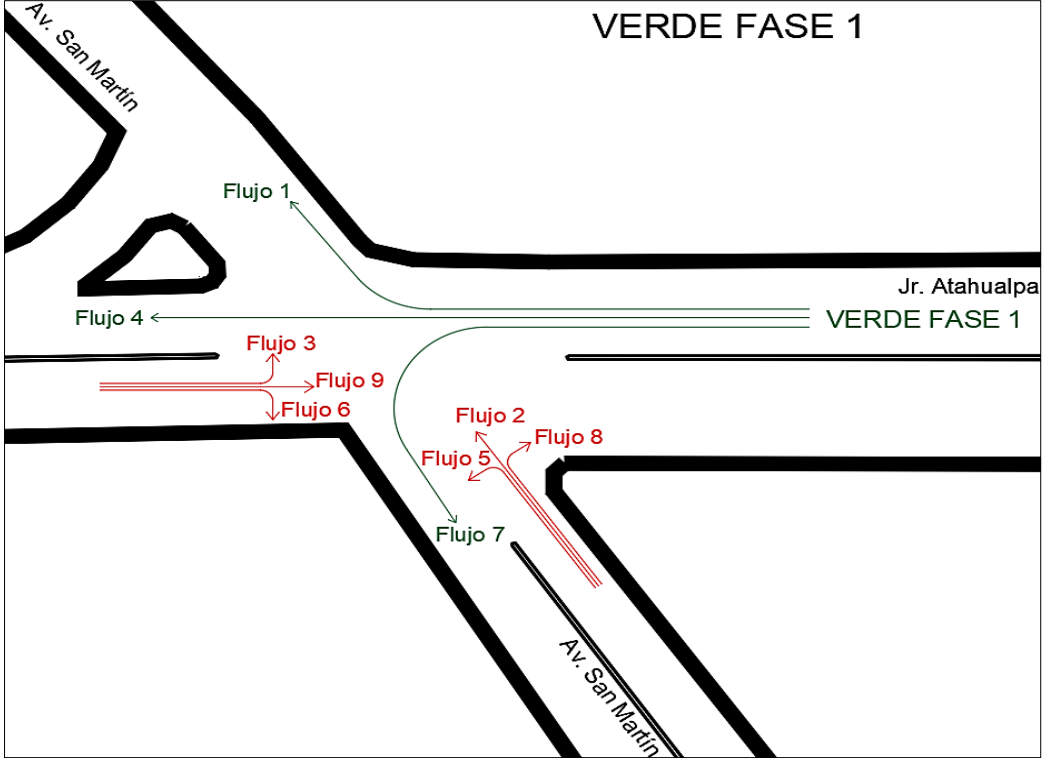


Figura 24

Fases y giros de intersección para propuesta de ciclo (Fase II)

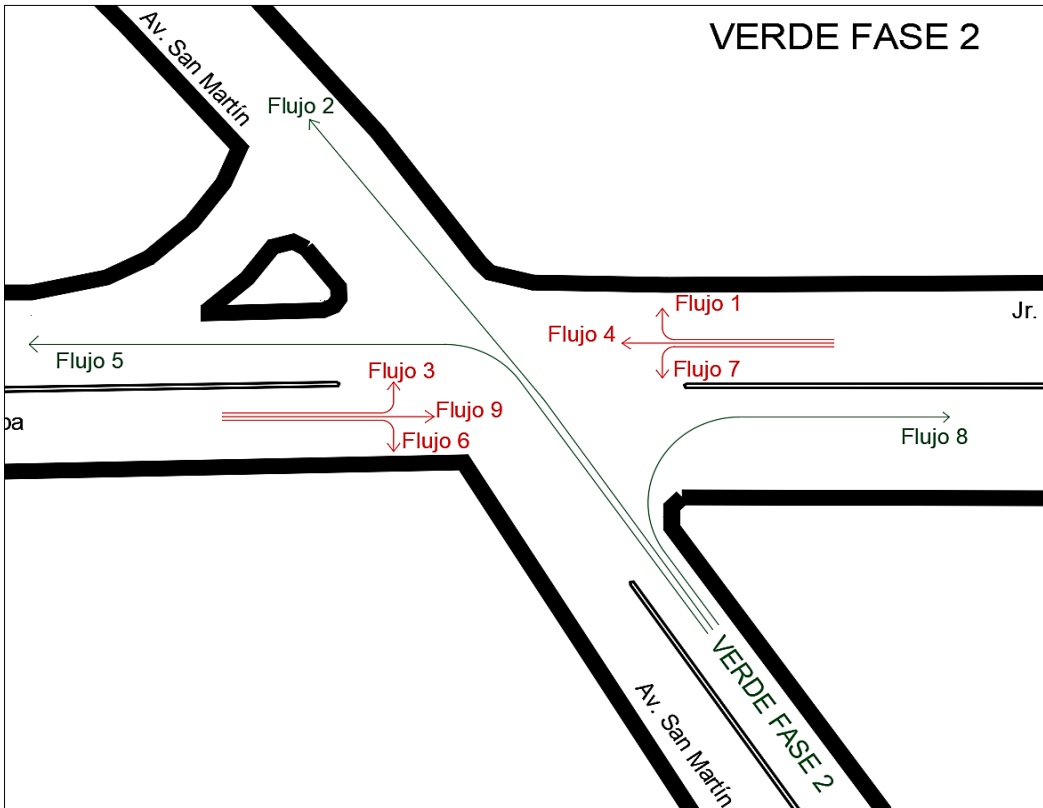


Figura 25

Fases y giros de intersección para propuesta de ciclo (Fase III)

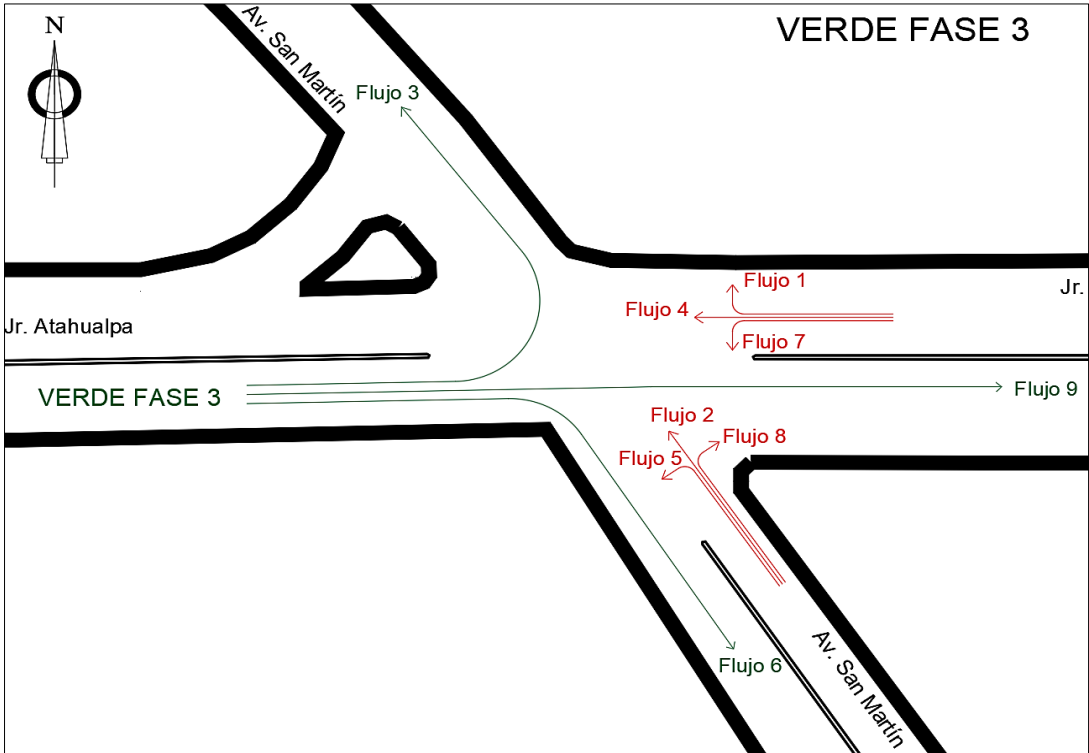
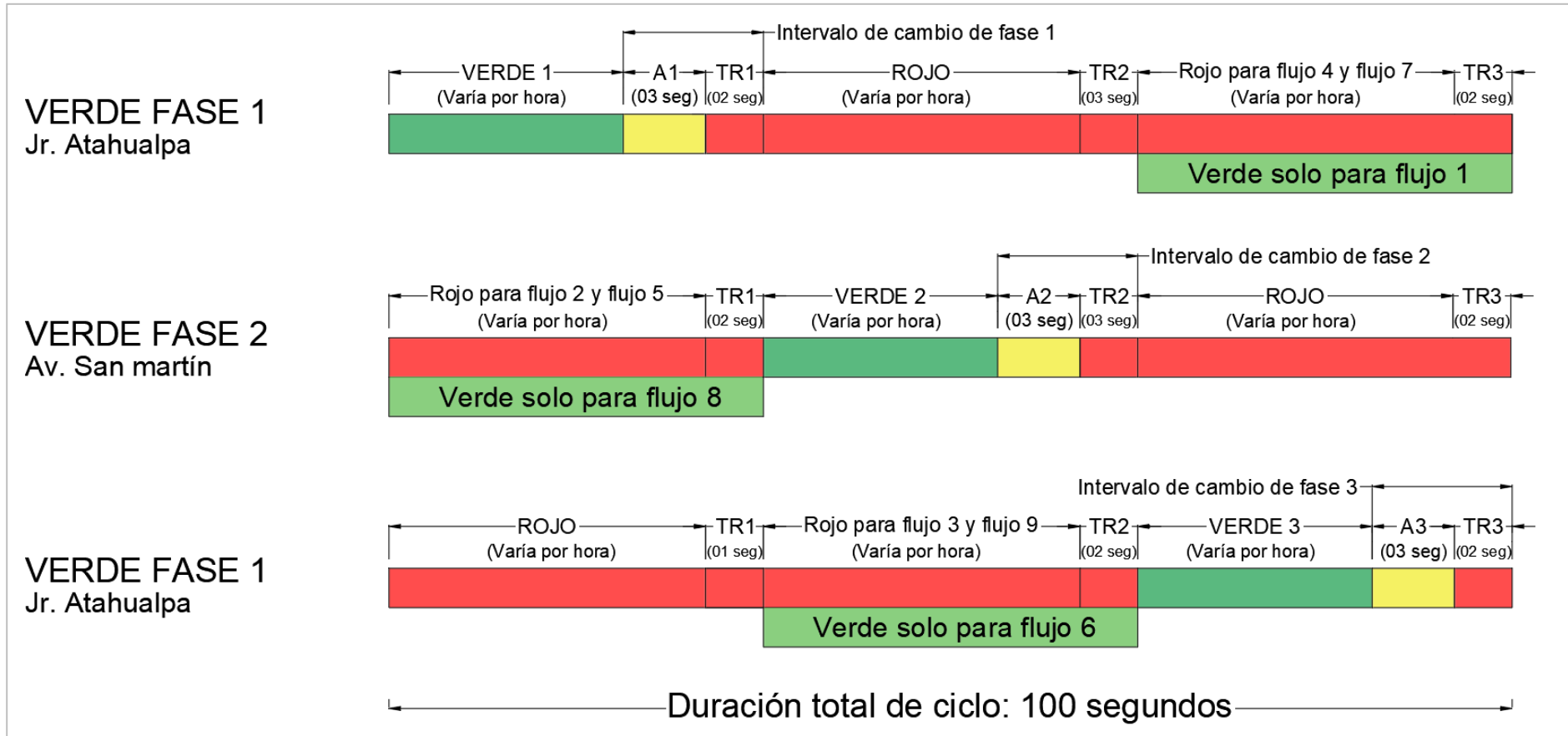


Figura 26

Esquema para propuesta de ciclo



A partir del análisis de los flujos vehiculares y del grado de saturación de la intersección, se propone un ciclo semafórico ajustado que incorpora giros libres a la derecha durante las fases en rojo y variación de los tiempos verdes en intervalos de una hora a lo largo del día, tal como se presenta en las Figuras 23 y 24. Esta propuesta busca adaptar de manera dinámica el control semafórico a la demanda real de cada fase, la apertura de giros a la derecha en fases de rojo permite que los vehículos que no generan oposición al flujo principal puedan avanzar sin afectar la operación de la fase activa, reduciendo la acumulación de vehículos. Asimismo, la modulación horaria de los tiempos verdes atiende las fluctuaciones del tráfico en cada fase, disminuyendo el grado de saturación en los periodos de máxima demanda de la intersección.

4.2.2. Intervalos de cambios de fase y tiempo perdido por ciclo

Tabla 39

Resumen de periodos según su nivel de servicio por hora

CALCULO DEL INTERVALO DE PERDIDA DE TIEMPO						
FASE	Velocidad (km/h)	Ancho de carril (m)	Ai	Tri	Pérdidas de tiempo por fase	Pérdidas de tiempo por ciclo
FASE 1	40.00	21.50	3.00	2.00	5.00	16
FASE 2	40.00	32.15	3.00	3.00	6.00	
FASE 3	40.00	21.50	3.00	2.00	5.00	

Se recalcularon los tiempos de ámbar y todo rojo del ciclo semafórico en función de las demandas vehiculares reales de la intersección, siguiendo criterios de seguridad y eficiencia establecidos en la literatura (HCM, 2016; Webster, 1958). Los resultados evidenciaron que los tiempos actuales eran insuficientes, lo que implicaba riesgo para los conductores al no garantizar frenado seguro ni el paso de vehículos en situaciones de emergencia. La optimización de los intervalos de ámbar asegura la detención segura de los vehículos, mientras que los tiempos de todo rojo permiten la disipación completa de

las colas, reduciendo conflictos de paso y aumentando la seguridad y eficiencia del ciclo semafórico.

4.2.3. Tiempos de ciclo semafórico variable

Tabla 40

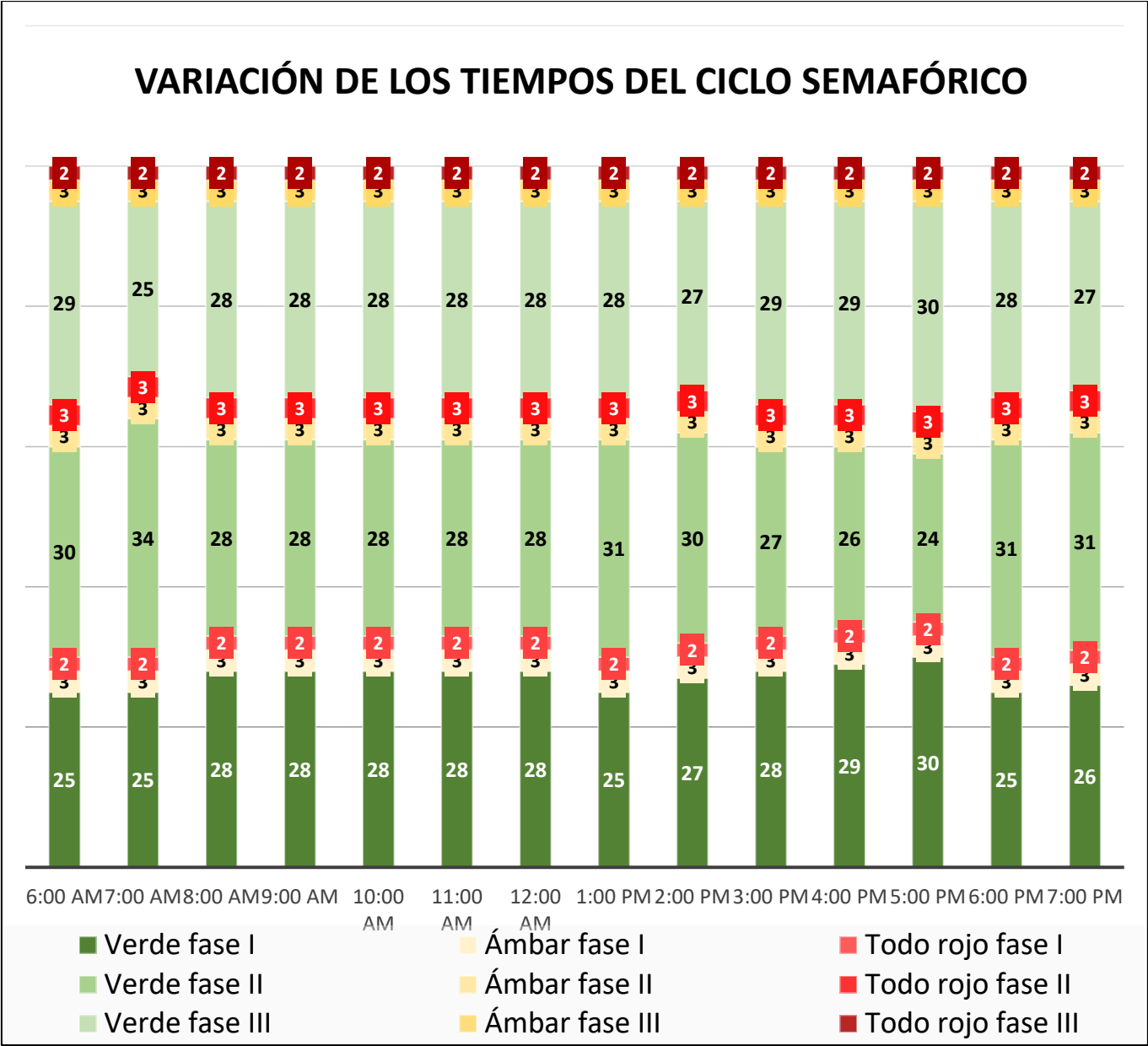
Variación de tiempos verdes por hora

Ciclo semafórico de duración variable															
Periodo en horas	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	
Duración de ciclo total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
Tiempo de verde	Fase I	25	25	28	28	28	28	28	25	27	28	29	30	25	26
	Fase II	30	34	28	28	28	28	28	31	30	27	26	24	31	31
	Fase III	29	25	28	28	28	28	28	28	27	29	29	30	28	27
Intervalo de cambio de fase	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	

El ciclo semafórico propuesto incorpora tiempos de verde variables por hora, ajustados según la demanda real de cada fase. Esta modulación permite asignar más tiempo verde en los periodos de mayor flujo y reducirlo cuando la demanda disminuye, mejorando la eficiencia operativa, disminuyendo el grado de saturación y optimizando la circulación en la intersección.

Figura 27

Propuesta de ciclo semafórico, con tiempos de verde que varían en periodos de 1 hora durante el día. (Resumen de la tabla 39 y tabla 40)



4.3. Discusión de resultados

4.3.1. Grado de saturación, demoras y niveles de servicio para la intersección considerando el ciclo semafórico actual

Tabla 41

Grado de saturación, tiempo de demora y nivel de servicio por cada hora considerando el ciclo semafórico actual

CALCULO DEL NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN EN ESTUDIO NIVELES DE SERVICIO																					
Periodo en Horas	CICLO SEMAFÓRICO (Tomado en campo)			GRADO DE SATURACIÓN							CALCULO DE TIEMPOS DE DEMORA							NIVELES DE SERVICIO			
	Intervalo de cambio de fase (Seg)	Duración de ciclo (Seg)	Tiempo de verde (por Fase)	Q	q	Yi	Xi	X (Grado de saturación)	Xc (Grado de saturación crítico)	d1	Rp	P	PF	d2	Cola Inicial	d3	d _{total}	Nivel de servicio por fase	Tiempo de demora ponderado (por hora en seg.)	Nivel de servicio (Hora)	
06:00 - 07:00	13	135	Fase I	37	676	433	0.18	0.641	0.653	1.091	43	1	3.7	1	3.4	0	0	47	D	44	D
			Fase II	40	751	511	0.2	0.68			41	1	0	1	3.4	0	0	45	D		
			Fase III	45	857	546	0.21	0.637			38	1	0	1	2.6	0	0	41	D		
07:00 - 08:00	13	135	Fase I	37	676	770	0.31	1.14	1.093	1.091	49	1	3.7	1	56	0	0	105	F	95	F
			Fase II	40	751	912	0.36	1.214			48	1	0	1	89	0	0	136	F		
			Fase III	45	857	774	0.3	0.903			45	1	0	1	5.4	0	0	50	D		
08:00 - 09:00	13	135	Fase I	37	676	823	0.33	1.218	1.088	1.091	49	1	3.7	1	89	0	0	138	F	84	F
			Fase II	40	751	748	0.3	0.996			48	1	0	1	9.5	0	0	57	E		
			Fase III	45	857	896	0.35	1.046			45	1	0	1	19	0	0	64	E		
09:00 - 10:00	13	135	Fase I	37	676	807	0.33	1.194	1.05	1.091	49	1	3.7	1	79	0	0	128	F	76	E
			Fase II	40	751	745	0.29	0.992			48	1	0	1	9.1	0	0	57	E		
			Fase III	45	857	825	0.32	0.963			45	1	0	1	6.9	0	0	52	D		
10:00 - 11:00	13	135	Fase I	37	676	795	0.32	1.176	1.052	1.091	49	1	3.7	1	71	0	0	120	F	74	E
			Fase II	40	751	734	0.29	0.976			48	1	0	1	8.2	0	0	56	E		
			Fase III	45	857	857	0.33	1			45	1	0	1	9.2	0	0	54	D		
11:00 - 12:00	13	135	Fase I	37	676	631	0.26	0.934	0.833	1.091	46	1	3.7	1	7.3	0	0	53	D	49	D
			Fase II	40	751	580	0.23	0.772			44	1	0	1	4.2	0	0	49	D		
			Fase III	45	857	679	0.26	0.792			42	1	0	1	3.9	0	0	45	D		

CALCULO DEL NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN EN ESTUDIO NIVELES DE SERVICIO																					
CICLO SEMAFÓRICO (Tomado en campo)				GRADO DE SATURACIÓN							CALCULO DE TIEMPOS DE DEMORA							NIVELES DE SERVICIO			
Periodo en Horas	Intervalo de cambio de fase (Seg)	Duración de ciclo (Seg)	Tiempo de verde (por Fase)	Q	q	Yi	Xi	X (Grado de saturación)	Xc (Grado de saturación crítico)	d1	Rp	P	PF	d2	Cola Inicial	d3	d _{total}	Nivel de servicio por fase	Tiempo de demora ponderado (por hora en seg.)	Nivel de servicio (Hora)	
12:00 - 13:00	13	135	Fase I	37	676	743	0.3	1.099	0.972	1.091	48	1	3.7	1	39	0	0	87	F	62	E
			Fase II	40	751	708	0.28	0.943			47	1	0	1	6.9	0	0	54	D		
			Fase III	45	857	750	0.29	0.875			44	1	0	1	4.9	0	0	49	D		
13:00 - 14:00	13	135	Fase I	37	676	684	0.28	1.013	0.987	1.091	49	1	3.7	1	12	0	0	61	E	57	E
			Fase II	40	751	767	0.3	1.021			47	1	0	1	13	0	0	60	E		
			Fase III	45	857	800	0.31	0.933			45	1	0	1	6	0	0	51	D		
14:00 - 15:00	13	135	Fase I	37	676	757	0.31	1.121	0.999	1.091	49	1	3.7	1	48	0	0	97	F	66	E
			Fase II	40	751	739	0.29	0.984			47	1	0	1	8.6	0	0	56	E		
			Fase III	45	857	765	0.3	0.893			45	1	0	1	5.2	0	0	50	D		
15:00 - 16:00	13	135	Fase I	37	676	616	0.25	0.911	0.786	1.091	45	1	3.7	1	6.8	0	0	52	D	47	D
			Fase II	40	751	530	0.21	0.705			44	1	0	1	3.6	0	0	47	D		
			Fase III	45	857	625	0.24	0.73			41	1	0	1	3.4	0	0	44	D		
16:00 - 17:00	13	135	Fase I	37	676	778	0.32	1.152	1.005	1.091	49	1	3.7	1	61	0	0	110	F	70	E
			Fase II	40	751	661	0.26	0.88			48	1	0	1	5.6	0	0	53	D		
			Fase III	45	857	830	0.32	0.968			45	1	0	1	7.1	0	0	52	D		
17:00 - 18:00	13	135	Fase I	37	676	874	0.35	1.293	1.109	1.091	49	1	3.7	1	121	0	0	170	F	96	F
			Fase II	40	751	696	0.27	0.926			48	1	0	1	6.5	0	0	54	D		
			Fase III	45	857	919	0.36	1.072			45	1	0	1	29	0	0	74	E		
18:00 - 19:00	13	135	Fase I	37	676	685	0.28	1.013	0.969	1.091	48	1	3.7	1	12	0	0	60	E	55	D
			Fase II	40	751	725	0.29	0.965			47	1	0	1	7.7	0	0	55	D		
			Fase III	45	857	802	0.31	0.935			44	1	0	1	6	0	0	50	D		
19:00 - 20:00	13	135	Fase I	37	676	730	0.3	1.08	1.007	1.091	49	1	3.7	1	31	0	0	80	F	67	E
			Fase II	40	751	802	0.32	1.067			48	1	0	1	27	0	0	74	E		
			Fase III	45	858	746	0.29	0.87			45	1	0	1	4.9	0	0	50	D		

Los resultados obtenidos a partir de los tiempos del ciclo semafórico actualmente en operación permiten identificar deficiencias importantes en el desempeño de la intersección. El hecho de que el grado de saturación (X_i) exceda el valor de 1.00 en siete periodos horarios evidencia que, en dichos intervalos, la demanda vehicular supera la capacidad disponible, generando acumulación de colas y retrasos. Aún más crítico resulta que el grado de saturación crítico presente valores superiores a 1.00 en catorce periodos, lo cual indica que el ciclo vigente no solo es insuficiente para atender la demanda, sino que además opera de forma sistemática por encima de su capacidad óptima.

Estos resultados sugieren que la programación semafórica actual no responde a la variabilidad del flujo vehicular a lo largo del día y, en consecuencia, contribuye de manera directa al desarrollo de condiciones de congestión persistente. La evidencia obtenida respalda la necesidad de implementar ajustes en los tiempos de fase, incluyendo esquemas de verde variable o estrategias complementarias, a fin de mejorar la eficiencia operativa y reducir el grado de saturación de la intersección.

Figura 28. Grado de saturación y grado de saturación crítico para el periodo de estudio de la intersección en intervalos de 1 hora.

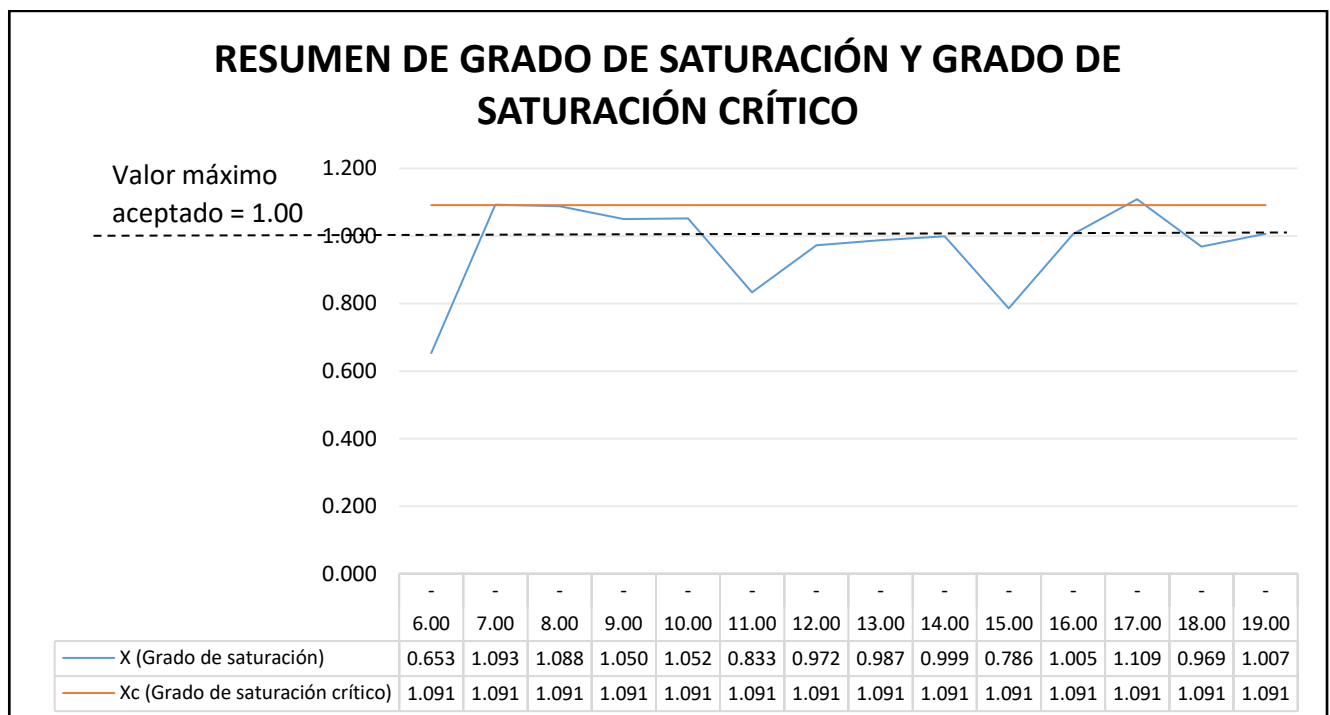


Tabla 42. *Resumen de periodos con un grado de saturación superior a 1*

PERIODOS CON UN GRADO DE SATURACIÓN SUPERIOR A 1	
$X_i < 1$	8
$X_i > 1$	6

Grado de saturación critico:

$$X_c=1.0911$$

Los hallazgos obtenidos son consistentes con lo establecido en el Highway Capacity Manual (HCM 2016) y con investigaciones recientes sobre gestión semafórica adaptativa, las cuales señalan que grados de saturación superiores a 1.00 reflejan un estado de sobredemanda, en el que la intersección opera por encima de su capacidad estructural y se generan retrasos crecientes no lineales. Estudios contemporáneos en ingeniería de transporte (Basurto & Yzaguirre, 2019) demuestran que ciclos con tiempos verdes fijos tienden a ser ineficientes en entornos urbanos con alta variabilidad horaria del flujo, situación observada en esta investigación. Además, la literatura enfatiza que superar de manera recurrente el grado de saturación crítico incrementa el riesgo de fallas operativas, extensiones de cola y pérdidas de capacidad por interferencias entre fases. En este sentido, los resultados obtenidos no solo confirman que el ciclo semafórico actual es insuficiente, sino que justifican técnicamente la necesidad de adoptar tiempos verdes variables, esquemas de priorización por demanda o estrategias de optimización dinámica, a fin de restablecer niveles de servicio aceptables y reducir la saturación en los periodos críticos.

4.3.2. Grado de saturación, demoras y niveles de servicio para la intersección aplicando propuesta de ciclo semafórico de duración variable

Tabla 43

Grado de saturación, tiempo de demora y nivel de servicio por cada hora considerando propuesta de ciclo semafórico variable

CALCULO DEL NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN EN ESTUDIO NIVELES DE SERVICIO																					
Periodo en Horas	CICLO SEMAFÓRICO (Tomado en campo)			GRADO DE SATURACIÓN					CALCULO DE TIEMPOS DE DEMORA								NIVELES DE SERVICIO				
	Intervalo de cambio de fase(Seg)		Verde	Ciclo	Q	q	Yi	Xi	X	Xc	d1	R p	P	PF	d2	Cola Inicial	d3	d _{total}	Nivel de servicio por fase	Tiempo de demora ponderado (por hora)	Nivel de servicio (por hora)
06:00 - 07:00	16	Fase I	25	100	616	410	0.17	665	0.663	0.993	33.71	1	0.25	1	3.93	0	0	38	D	35	D
		Fase II	30		761	497	0.2	0.654			30.58	1	0.3	1	3.11	0	0	34	D		
		Fase III	29		745	499	0.19	0.67			31.2	1	0.29	1	3.31	0	0	35	D		
07:00 - 08:00	16	Fase I	25	100	616	618	0.25	1.002	0.982	0.993	37.27	1	0.25	1	11.08	0	0	48	D	44	D
		Fase II	34		862	849	0.33	0.985			32.69	1	0.34	1	7.94	0	0	41	D		
		Fase III	25		643	615	0.24	0.957			37.27	1	0.25	1	8.32	0	0	46	D		
08:00 - 09:00	16	Fase I	28	100	691	666	0.27	0.965	0.976	0.993	35.66	1	0.28	1	8.16	0	0	44	D	44	D
		Fase II	28		710	695	0.27	0.98			35.66	1	0.28	1	8.69	0	0	44	D		
		Fase III	28		720	707	0.27	0.982			35.66	1	0.28	1	8.75	0	0	44	D		
09:00 - 10:00	16	Fase I	28	100	690	638	0.26	0.924	0.941	0.993	35.19	1	0.28	1	6.94	0	0	42	D	43	D
		Fase II	28		710	689	0.27	0.97			35.19	1	0.28	1	8.24	0	0	43	D		
		Fase III	28		720	667	0.26	0.926			35.19	1	0.28	1	6.76	0	0	42	D		
10:00 - 11:00	16	Fase I	28	100	690	642	0.26	0.93	0.946	0.993	35.26	1	0.28	1	7.09	0	0	42	D	43	D
		Fase II	28		710	671	0.26	0.946			35.26	1	0.28	1	7.34	0	0	43	D		
		Fase III	28		720	692	0.27	0.961			35.26	1	0.28	1	7.78	0	0	43	D		

CALCULO DEL NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN EN ESTUDIO NIVELES DE SERVICIO																					
Periodo en Horas	CICLO SEMAFÓRICO (Tomado en campo)		GRADO DE SATURACIÓN							CALCULO DE TIEMPOS DE DEMORA								NIVELES DE SERVICIO			
	Intervalo de cambio de fase(Seg)		Verde	Ciclo	Q	q	Yi	Xi	X	Xc	d1	Rp	P	PF	d2	Cola Inicial	d3	d _{total}	Nivel de servicio por fase	Tiempo de demora ponderado (por hora)	Nivel de servicio (por hora)
11:00 - 12:00	16	Fase I	28	100	690	527	0.21	0.763	0.748	0.993	32.78	1	0.28	1	4.51	0	0	37	D	37	D
		Fase II	28		710	517	0.2	0.728			32.78	1	0.28	1	4.02	0	0	37	D		
		Fase III	28		720	541	0.21	0.751			32.78	1	0.28	1	4.2	0	0	37	D		
12:00 - 13:00	16	Fase I	28	100	690	606	0.25	0.877	0.868	0.993	34.24	1	0.28	1	6.03	0	0	40	D	40	D
		Fase II	28		710	637	0.25	0.898			34.24	1	0.28	1	6.24	0	0	40	D		
		Fase III	28		720	595	0.23	0.827			34.24	1	0.28	1	5.08	0	0	39	D		
13:00 - 14:00	16	Fase I	25	100	617	562	0.23	0.912	0.89	0.993	36.18	1	0.25	1	7.37	0	0	44	D	41	D
		Fase II	31		786	700	0.28	0.891			32.88	1	0.31	1	5.57	0	0	38	D		
		Fase III	28		720	627	0.24	0.871			34.53	1	0.28	1	5.7	0	0	40	D		
14:00 - 15:00	16	Fase I	27	100	666	599	0.24	0.9	0.892	0.993	35.1	1	0.27	1	6.65	0	0	42	D	41	D
		Fase II	30		761	684	0.27	0.899			33.46	1	0.3	1	5.88	0	0	39	D		
		Fase III	27		694	610	0.24	0.878			35.1	1	0.27	1	6.02	0	0	41	D		
15:00 - 16:00	16	Fase I	28	100	690	489	0.2	0.709	0.708	0.993	32.33	1	0.28	1	3.93	0	0	36	D	36	D
		Fase II	27		684	494	0.19	0.721			32.95	1	0.27	1	4.09	0	0	37	D		
		Fase III	29		745	519	0.2	0.696			31.72	1	0.29	1	3.53	0	0	35	D		
16:00 - 17:00	16	Fase I	29	100	715	632	0.26	0.884	0.898	0.993	34.07	1	0.29	1	5.95	0	0	40	D	41	D
		Fase II	26		659	592	0.23	0.898			35.71	1	0.26	1	6.67	0	0	42	D		
		Fase III	29		746	679	0.26	0.91			34.07	1	0.29	1	6.21	0	0	40	D		
17:00 - 18:00	16	Fase I	30	100	740	722	0.29	0.976	0.994	0.993	34.9	1	0.3	1	8.29	0	0	43	D	46	D
		Fase II	24		609	607	0.24	0.997			37.92	1	0.24	1	10.69	0	0	49	D		
		Fase III	30		771	777	0.3	1.007			34.9	1	0.3	1	10.51	0	0	45	D		
18:00 - 19:00	16	Fase I	25	100	617	541	0.22	0.878	0.866	0.993	35.89	1	0.25	1	6.7	0	0	43	D	40	D
		Fase II	31		786	669	0.26	0.851			32.54	1	0.31	1	4.98	0	0	38	D		
		Fase III	28		720	628	0.24	0.872			34.22	1	0.28	1	5.72	0	0	40	D		
19:00 - 20:00	16	Fase I	26	100	641	573	0.23	0.894	0.891	0.993	35.64	1	0.26	1	6.76	0	0	42	D	41	D
		Fase II	31		786	710	0.28	0.902			32.89	1	0.31	1	5.78	0	0	39	D		
		Fase III	27		695	608	0.24	0.875			35.09	1	0.27	1	5.97	0	0	41	D		

La implementación del ciclo semafórico con tiempos verdes variables, ajustado a la dinámica horaria del flujo vehicular, permite mantener el grado de saturación X_i consistentemente por debajo de 1.00, evidenciando un régimen operativo estable donde la demanda no supera la capacidad disponible. Este comportamiento contrasta con el ciclo actual, que mostraba valores superiores a la unidad y generaba congestión en varios periodos horarios.

El grado de saturación crítico, recalculado bajo la propuesta, alcanza un valor de 0.993, permaneciendo dentro de los límites recomendados por el HCM. Estos resultados validan la aplicación de control semafórico adaptativo, mostrando una reducción potencial de colas, menor demora y mejor desempeño de la intersección, como se evidencia en los tiempos verdes propuestos.

Figura 29

Variación del grado de saturación y grado de saturación crítico para el periodo de estudio de la intersección en intervalos de 1 hora aplicando la propuesta de ciclo semafórico

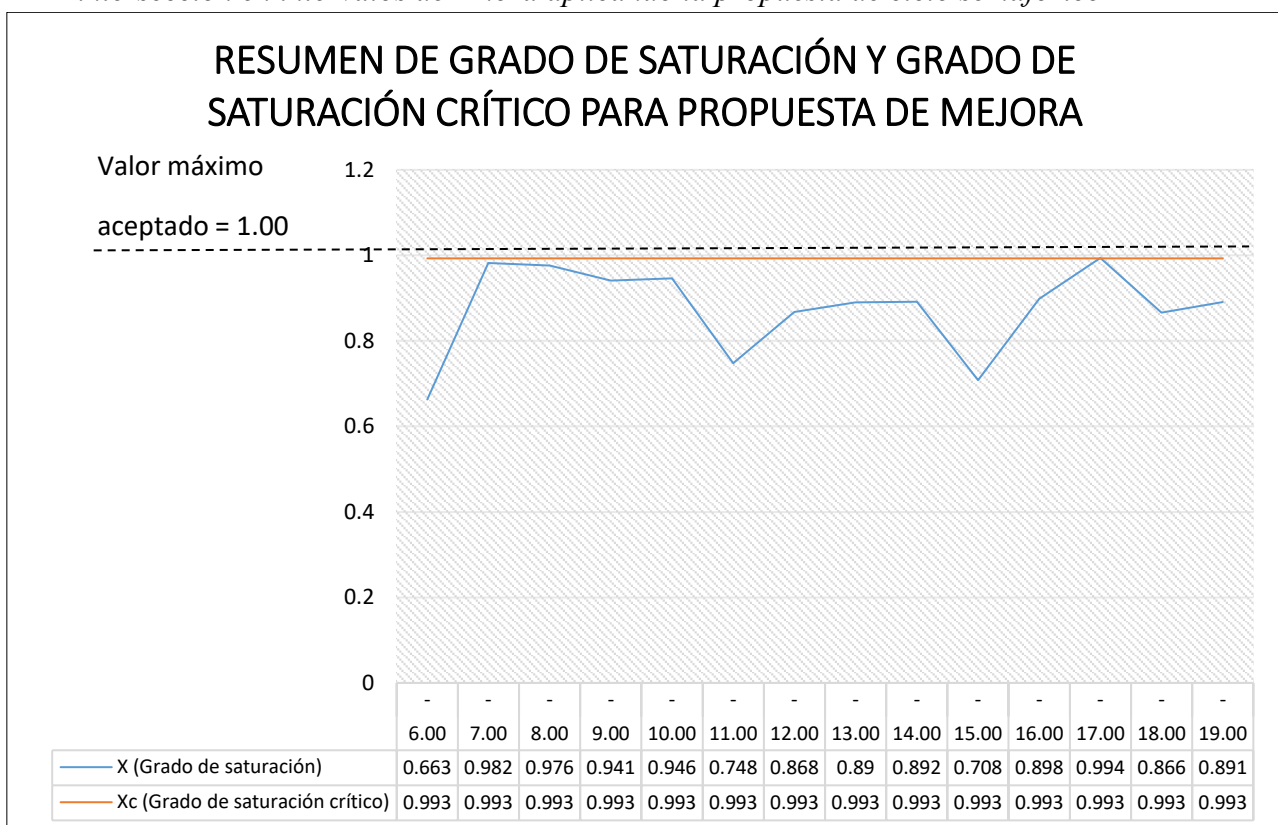


Tabla 44

Resumen de periodos con un grado de saturación superior a 1

PERIODOS CON UN GRADO DE SATURACIÓN SUPERIOR A 1	
$X_i < 1$	14
$X_i > 1$	0

Grado de saturación critico:

$$X_c = 0.933$$

4.4. Contrastación de hipótesis

4.4.1. Comparativa del grado de saturación

Se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 45

Resumen de resultados.

COMPARACIÓN DE GRADOS DE SATURACIÓN Y NIVELES DE SERVICIO ENTRE EL CICLO SEMAFÓRICO ACTUAL Y LA PROPUESTA DE MEJORA								
CICLO ACTUAL	TIEMPOS CICLO SEMAFÓRICO				GRADO DE SATURACIÓN		NIVELES DE SERVICIO	
	Pérdidas de tiempo	Verde	Ciclo		X	Xc	Demora ponderada	Nivel de servicio de intersección
		FASE I	37					
	13	FASE II	40	135	1.109	1.091	96	F
		FASE III	45					
PROPUESTA DE CICLO	TIEMPOS CICLO SEMAFÓRICO				GRADO DE SATURACIÓN		NIVELES DE SERVICIO	
	Pérdidas de tiempo	Verde	Ciclo		X	Xc	Demora ponderada	Nivel de servicio de intersección
		FASE I	30					
	16	FASE II	24	100	0.994	0.993	46	D
		FASE III	30					

La implementación del ciclo semafórico con tiempos verdes variables permitió una optimización significativa del desempeño de la intersección. Los grados de saturación, que bajo el ciclo actual alcanzaban valores de 1.109 (X_i) y 1.091 (crítico), se redujeron a 0.994 y 0.993 respectivamente con la propuesta, evidenciando que la demanda

vehicular se mantiene dentro de la capacidad efectiva de la vía y disminuyendo episodios de congestión y acumulación de colas.

4.4.2. Comparativa de los niveles de servicio

Se obtuvieron los siguientes resultados:

Figura 30
Comparativa del nivel de servicio por hora de la intersección con el ciclo semafórico actual y con la implementación de la propuesta de ciclo semafórico variable

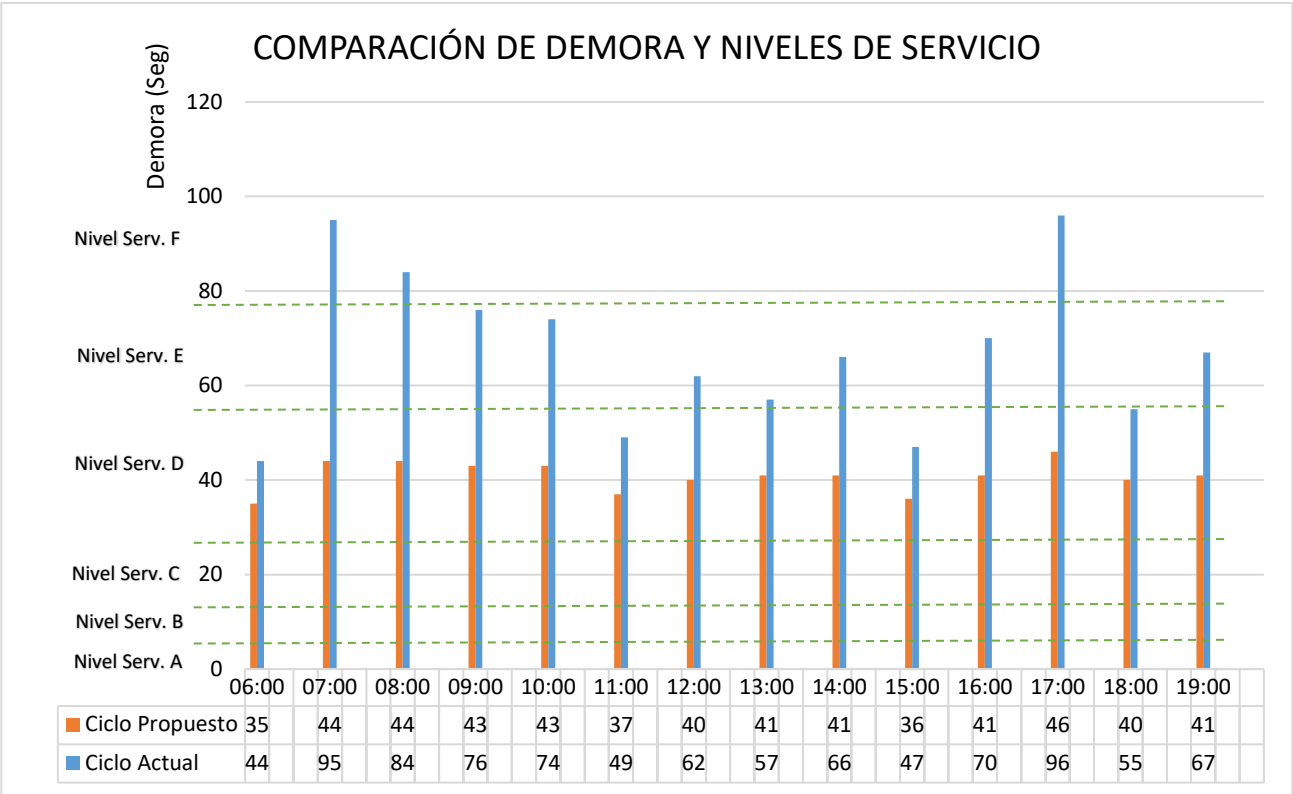


Tabla 46
Resumen comparativo de periodos según su nivel de servicio por hora

Horas al día y su nivel de servicio		
NIVEL DE SERVICIO	CICLO SEMAFÓRICO ACTUAL	CICLO SEMAFÓRICO PROPUESTO
D	4	14
E	7	0
F	3	0

En cuanto a los niveles de servicio, se observó una mejora sustancial: bajo el ciclo semafórico actual, los periodos comprendidos entre las 07:00 y 08:00 h y entre las 17:00

y 18:00 h registraban demoras máximas de 95 y 96 segundos, ubicándose en un nivel de servicio F, mientras que 7 horas operaban en nivel E y 3 horas en nivel F, evidenciando congestión y operación por encima de la capacidad óptima según los lineamientos del HCM (2016). Con la implementación de la propuesta de ciclo semafórico con tiempos verdes variables, las demoras máximas disminuyeron a 46 segundos en el periodo de 17:00 a 18:00 h, y la demora promedio diaria se redujo de 68 segundos (nivel E) a 41 segundos (nivel D), logrando que las 14 horas de análisis se mantuvieran en un nivel de servicio D, lo que refleja una operación más estable, eficiente y segura, en consonancia con estudios recientes sobre control adaptativo de intersecciones.

4.5. Contrastación de antecedentes

El análisis de la intersección Av. San Martín con Jr. Atahualpa en Cajamarca y la propuesta de ciclo semafórico variable desarrollada en esta investigación se encuentra en concordancia con los hallazgos reportados a nivel internacional, nacional y local.

A nivel internacional, la investigación de la Universidad Politécnica de Valencia (2024) sobre la rotonda El Saler evidenció que la implementación de estrategias de control adaptativo permitió mejorar el flujo vehicular en accesos saturados y adyacentes, reduciendo hasta un 60% los tiempos de circulación. Estos resultados respaldan la pertinencia de ajustar los ciclos semafóricos a la dinámica real del flujo vehicular, principio que se aplicó en nuestra propuesta mediante la variación horaria de los tiempos verdes.

A nivel nacional, Basurto y Yzaguirre (2019) demostraron que la adaptación de ciclos semafóricos a la demanda real, estructurando fases independientes y optimizando los tiempos de verde, disminuye significativamente la congestión y las longitudes de cola en las intersecciones, mejorando el desempeño general. Esta evidencia sustenta la

estrategia implementada en nuestra investigación, donde se configuraron giros libres a la derecha y se ajustaron los tiempos de verde de acuerdo con los flujos vehiculares, logrando un grado de saturación inferior a 1 y un nivel de servicio mejorado de F y E a D.

A nivel local, estudios de Llanos (2018) y Alcántara (2018) en la ciudad de Cajamarca indican que la variabilidad del flujo vehicular y la insuficiente sincronización de los ciclos semafóricos generan niveles de servicio críticos, especialmente en horas pico, con valores de saturación que superan la capacidad de la intersección. Las medidas propuestas por estos autores, como la optimización de la sincronización y la adecuación de la capacidad vial, son consistentes con la metodología aplicada en este estudio, que recalculó los tiempos de ámbar y todo rojo, y propuso ciclos variables por hora para mejorar la eficiencia operativa y la seguridad vial.

En síntesis, los antecedentes analizados coinciden en la importancia de ajustar los ciclos semafóricos a las condiciones reales del tráfico para disminuir demoras, reducir grados de saturación y mejorar el nivel de servicio. La presente investigación contribuye a este cuerpo de conocimiento al evidenciar que la implementación de un ciclo semafórico variable puede reducir significativamente el grado de saturación y elevar los niveles de servicio, validando tanto los resultados locales como las experiencias internacionales y nacionales en la gestión del tráfico urbano.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Luego de medir la duración del ciclo semafórico en la intersección Av. San Martín con Jr. Atahualpa evidenció que, se determinó que este tiene una duración de 135 segundos, con 3 fases y un tiempo de ámbar de 2 segundos para la fase I y la fase III y de 3 segundos para la fase II, y un tiempo de todo rojo de 2 segundo para las 3 fases.

- Se realizó el aforo de la intersección en estudio determinando que en el día de mayor afluencia circulan 25048 vehículos durante el periodo de estudio entre las 6:00 am y las 8:00 pm.

- Se determinó que el periodo más crítico para la intersección es en de las 5:00 pm y 6:00 pm con un grado de saturación de 1.109, una demora de 96 segundos y un nivel de servicio de F.

- Se propuso de ciclo semafórico con duración óptima de 100 segundos y tiempos verdes variables para cada hora del periodo estudiado, lo que permitió una disminución el grado de saturación de 1.031 a 0.994, el tiempo de demora se redujo de 96 segundos a 46 segundos y el nivel de servicio de F a D durante los periodos críticos.

5.2.Recomendaciones

- Efectuar investigaciones orientadas a la implementación de esquemas de programación variable en los ciclos semaforicos, incorporando modelos que ajusten los tiempos de fase según la demanda real del tránsito, que evalúen cómo la correcta ubicación y regulación de los paraderos mejora el tránsito vehicular, evitando detenciones en lugares indebidos, y que propongan mejoras en los sistemas de transporte público, incluyendo alternativas como buses metropolitanos, metros u otros medios masivos.

- Se recomienda la instalación de semáforos inteligentes y oficinas de monitoreo de tráfico, que permitan gestionar de manera más eficiente el flujo vehicular y prevenir congestiones.

- Se propone deban continuar con estudios que determinen el grado de saturación y niveles de servicio en las intersecciones de la ciudad de Cajamarca, identificando dónde es necesario instalar o retirar semáforos, y proponiendo estrategias para optimizar las condiciones de circulación y mejorar la seguridad vial.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcántara Quispe, M. (2018). *Análisis del nivel de servicio y capacidad vehicular de la Avenida San Martín de Porres, ubicada entre la Avenida Atahualpa y la Avenida Argentina, aplicando la metodología del HCM 2000*. Cajamarca.
- Amelunge Martínez, F. (17 de Agosto de 2018). *SlideShare*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/3kforce/semaforos-fam-presentacion>
- Araujo Mejía, R. A. (2020). *Nivel de servicio de la semaforización en las intersecciones de la Av. Atahualpa – Av. San Martín de Porres y Av. Vía de Evitamiento Norte – Av. Angamos en la ciudad de Cajamarca*. [Tesis de titulación, Universidad Nacional de Cajamarca]. Obtenido de <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/3742/TESIS%20ARAUJO%20MEJIA%20ROYER.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Araujo Mejía, R. A. (2020). *Nivel de servicio de la semaforización en las intersecciones de la Av. Atahualpa – Av. San Martín de Porres y Av. Vía de Evitamiento Norte – Av. Angamos en la ciudad de Cajamarca*. Cajamarca.
- Basurto Valladares, L. J., & Yzaguirre de la Torre, R. R. (2019). *Propuesta de un sistema de semaforización para reducir el grado de saturación en las intersecciones de Av. Angamos este con Av. República de Panamá, Av. Tomás Marsano y Av. Aviación; a través de la metodología del Ramp Metering*. Lima.
- Carrasco Avedaño, J., & Wazhima Clavijo, G. (2012). *Diseño de la red semafórica de la calle Mariscal Lamar desde la calle vega hasta la calle Tarquí*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- CEikoglu, A. I. (2017). *Micro-Simulation Based Ramp Metering on Istanbul Freeways: An Evaluation Adopting ALINEA*. *IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, Proceedings*. Estambul: ITSC.
- Cutipa Luque, J. P., & Lozano Laffore, E. (2020). *Optimización del comportamiento operacional de una intersección tipo trébol aplicando semaforización inteligente con la metodología Ramp Metering*. Lima.
- GESTIÓN. (13 de JUNIO de 2023). *Cajamarca pierde más de S/ 100 millones al año por congestión vehicular*. Obtenido de <https://gestion.pe/economia/aap-cajamarca-pierde-mas-de-s-100-millones-al-ano-por-congestion-vehicular-noticia/?ref=gesr>
- Goicochea Casas, E. P. (2019). *Análisis del nivel de servicio y capacidad vehicular en la intersección semaforizada de la Avenida Vía de Evitamiento Norte y el Jr. Manuel Seoane, aplicando la metodología del HCM 2010 - Cajamarca*. Cajamarca.
- Guzman Custodio, W. E., & Zevallos Silva, E. A. (2022). *Optimización y sincronización de semáforos de la Av. Grau entre los tramos de la Av. Sullana y la Av. Gullman en la provincia de Piura*. Piura.
- Lizarraga Mamani, C. M. (2024). *Optimización del flujo vehicular en la intersección vial de la Av. Circunvalación Oeste con la Av. Jorge Chávez de la ciudad de Juliaca, 2023*. Juliaca.

- Llanos Rimarachín, J. M. (2018). *Análisis del nivel de servicio de las intersecciones semaforizadas con mayor afluencia de la Av. Hoyos Rubio*. Cajamarca.
- López Esquivel, D. E. (2014). *Diseño de un modelo de monitoreo para mejorar el flujo de tránsito vehicular a través de semáforos inteligentes en la ciudad de Trujillo*. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo.
- Marín Vigo, H. (2021). *Nivel de congestión vehicular en el centro histórico de la ciudad de Cajamarca (jirones Junín, José Sabogal, José Gálvez y Guillermo Urrelo) y propuestas de mejora, 2017*. [Tesis de titulación, Universidad Privada del Norte]. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/item/d244bde5-924e-485d-9103-a8db28fb9b4d>
- Montagut Moreno, J. P., & Pineda Campo, B. A. (2019). *Modelo de dinámica de sistemas sobre la congestión vehicular en el área metropolitana de Bucaramanga*. Bucaramanga.
- Moya Aguad, J. F. (2023). *Impacto del largo del ciclo semafórico en la operación del buses de transporte público*. Santiago de Chile.
- Municipalidad Provincial de Cajamarca. (2014). *Plan de desarrollo urbano de Cajamarca*. Cajamarca: MPC.
- Ortiz Pachar, E. V. (2023). *Estudio de tráfico y soluciones al congestionamiento vehicular (Av. Paseo de los Cañaris y Cacique Chamba), de la ciudad de Cuenca*. [Trabajo de titulación, Universidad Politécnica Salesiana]. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/25793/4/UPS-CT010831.pdf>
- Rogelez Carvajal, F. J. (2012). *Prototipo de un sistema de semaforización inteligente en la ciudad de Bogotá para mejorar los tiempos de recorrido del sistema trasmlenio*. Bogotá: Universidad Piloto de Colombia.
- Romero Barrios, M. W. (2018). *Análisis del nivel de servicio vehicular y modelamiento en el software Synchro Traffic 8.0. del Jr. Silva Santisteban de la ciudad de Cajamarca*. Cajamarca.
- Silva Cachay, S. L. (2018). *Nivel de servicialidad del jirón Dos de Mayo, de la ciudad de Celendín, Cajamarca*. Cajamarca.
- Universidad Politécnica de Valencia. (27 de marzo de 2024). *Blog de la UPV*. Obtenido de <https://www.upv.es/noticias-upv/noticia-8839-ramp-meter-es.html>
- Vera Lina, F. J. (2012). *Aplicabilidad de las metodologías del HCM 2000 y Synchro 7.0 para analizar intersecciones semaforizadas en Lima*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

ANEXOS

ANEXO 1: FOTOS

Figura 31

Aforo en la intersección Av. San Martín – Av. Atahualpa



Nota. Realizando el aforo empleando la tabla 12, en periodos desde las 6:00 am hasta las 8:00 pm

Figura 32

Levantamiento topográfico en la intersección Av. San Martín – Jr. Atahualpa



Nota. Proceso de radiación empleando una estación total, para poder medir la geometría de la vía.

Figura 33

Aforado de intersección Av. San Martín – Av. Atahualpa



Nota. Aforo vehicular, tomando en consideración las direcciones en las que transitaban los vehículos, así como los tipos de vehículos.

Figura 34

Aforado de intersección Av. San Martín – Av. Atahualpa



Nota. Realizando el aforo vehicular empleando la tabla N°12, considerando tipos de vehículos y su dirección.

Figura 35

Aforado de intersección Av. San Martín – Av. Atahualpa

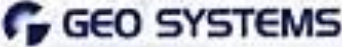


Nota. Realizando el aforo vehicular empleando la tabla N°12, considerando tipos de vehículos y su dirección.

ANEXO 2: FICHAS DE RECOJO DE INFORMACIÓN

Figura 36

Certificado de calibración de estación total





Certificado de Servicio de Calibración

Nombre Cliente:	A Y S INGENIEROS ASOCIADOS SRL	No. Certificado:	25-0161
Equipo:	ESTACIÓN TOTAL		
Marca:	TRIMBLE		
Modelo:	S9 1" DR HP		
Número de Serie:	38310153		

GEO SYSTEMS S.A.C. certifica que el equipo topográfico arriba descrito cumple con las especificaciones técnicas de la fábrica y los estándares internacionales establecidos (DIN 18723).

Asimismo, GEO SYSTEMS S.A.C. certifica que el instrumento identificado arriba ha sido calibrado en concordancia con los procedimientos de calibración establecidos por el fabricante.

Patrón: Cinta métrica, marca Yamaya, modelo NR 50, número de serie 0090001, Certificado de calibración LLA - 331 - 2024 emitido por Laboratorio de Longitud y Angulo - Dirección de Metrología - INACAL - Instituto Nacional de Calidad. Estación Total marca Trimble, modelo M3 DR 1", número de serie D015282, Certificado de Calibración 342126 - 20.12.2024 emitido por el software ATLAS WORKFLOW - TRIMBLE.

Certificados: Certificado de Centro de Servicio Autorizado por Trimble Navigation Ltd.

Resultado de la calibración: Se indican en la hoja 2 del presente Certificado de Servicio.

Condiciones ambientales de medición: Temperatura: 23 °C con variaciones que no excedieron ± 0.5 °C
Humedad Relativa: 69%

Fecha de calibración: 13/05/2025

Lugar de calibración: Centro de Servicio Técnico Autorizado - Geo Systems S.A.C.

Observaciones: Los resultados obtenidos corresponden al promedio de 10 mediciones. Se coloca una etiqueta indicando fecha de calibración y número de certificado. La periodicidad de la calibración está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición.

- La responsabilidad del usuario es establecer la fecha de una nueva calibración del instrumento. El tiempo de validez de los resultados contenidos en el presente documento depende tanto de las características del instrumento como de las prácticas para su manejo y uso.
- Este Certificado no atribuye al equipo otras características que las indicadas por los datos aquí contenidos. Los resultados se refieren al momento y condiciones en que se efectuaron las mediciones. Se garantiza la trazabilidad a los patrones nacionales.
- No se permite la reproducción parcial de este documento sin autorización expresa para ello.
- Verificar la autenticidad del certificado, fecha de emisión y número de serie del equipo escaneando el código QR.



Página 1 de 2

GEO SYSTEMS S.A.C.

Tel: +51 1 313 2560

Av. Javier Prado Este 1481, Urb. Corpeq, San Isidro, Lima 027 - Perú

seporte@geosystemspu.com

www.geosystemspu.com

Figura 37

Certificado de calibración de estación total






Equipo de Calibración Utilizado:

El Set de Colimadores D5 es de la marca Pentax, con número de serie Z903720, distancia enfoque al infinito, con una distancia focal en 500mm. Apertura efectiva de 50mm y un campo de visión de 2°.

El Set de Colimadores Pentax contiene 2 telescopios horizontales apuntándose uno contra otro y una plataforma fija al centro. Cada colimador tiene un retículo en los extremos, los cuales se encuentran alineados. La verificación se realiza observando desde el retículo de un colimador hacia el retículo del colimador opuesto. Este equipo no requiere ser calibrado.

Procedimiento de Calibración Angular del Equipo:

Por medición del cierre angular en directa y en tránsito visando hacia un solo Colimador con el enfoque al infinito. Los valores consignados son el promedio de 10 mediciones.

Procedimiento de Calibración de Distancias:

Por medición comparación entre las medidas de distancias tomadas con el equipo y los valores de distancias patrón establecidas. Estos patrones fueron establecidos según procedimiento QSR-P-06 PATRON DE DISTANCIAS. Los valores consignados son el promedio de 10 mediciones.

Resultados Angulares

ANGULO	VALOR DEL PATRÓN	VALOR LEÍDO EN EL INSTRUMENTO		ERROR MEDIDO	PRECISIÓN	RESULTADO
HORIZONTAL	180°00'00"	0°00'00"	180°00'00"	0"	± 3"	OPERATIVO
		90°00'00"	270°00'00"	0"	± 3"	
VERTICAL	360°00'00"	90°00'00"	270°00'00"	0"	± 3"	OPERATIVO

Resultados Distancias Inclínadas

OBJETIVO	VALOR DEL PATRÓN	VALOR LEÍDO EN EL INSTRUMENTO	ERROR MEDIDO	PRECISIÓN	RESULTADO
PRISMA P06	9.079 m	9.079 m	0 mm	±0.8mm ± 3ppm	OPERATIVO
PRISMA P06	12.161 m	12.161 m	+0 mm	±0.8mm ± 3ppm	OPERATIVO
PRISMA P10	29.822 m	29.822 m	0 mm	±0.8mm ± 3ppm	OPERATIVO
TARJETA D01	5.186 m	5.186 m	0 mm	± 0.8mm ± 3ppm	OPERATIVO
TARJETA D01	35.294 m	35.294 m	0 mm	± 0.8mm ± 3ppm	OPERATIVO
TARJETA D04	39.740 m	39.729 m	-1 mm	± 0.8mm ± 3ppm	OPERATIVO



Señal

Fecha

13/05/2025

Responsable Técnico



Eleazar Vargayaco P.

Responsable de la Calibración

VISADO

TECNICO GEOSYSTEMS

FECHA: 13/05/2025



Juan Antonio Z.

Página 2 de 2

GEO SYSTEMS S.A.C.

Tel: +51 1 115 2010

support@geosystemspen.com

www.geosystemspen.com

Av. Javier Prado Este 1400, Urb. Corpaci, San Isidro, Lima 017 - Perú

Figura 38

Croquis de levantamiento topográfico

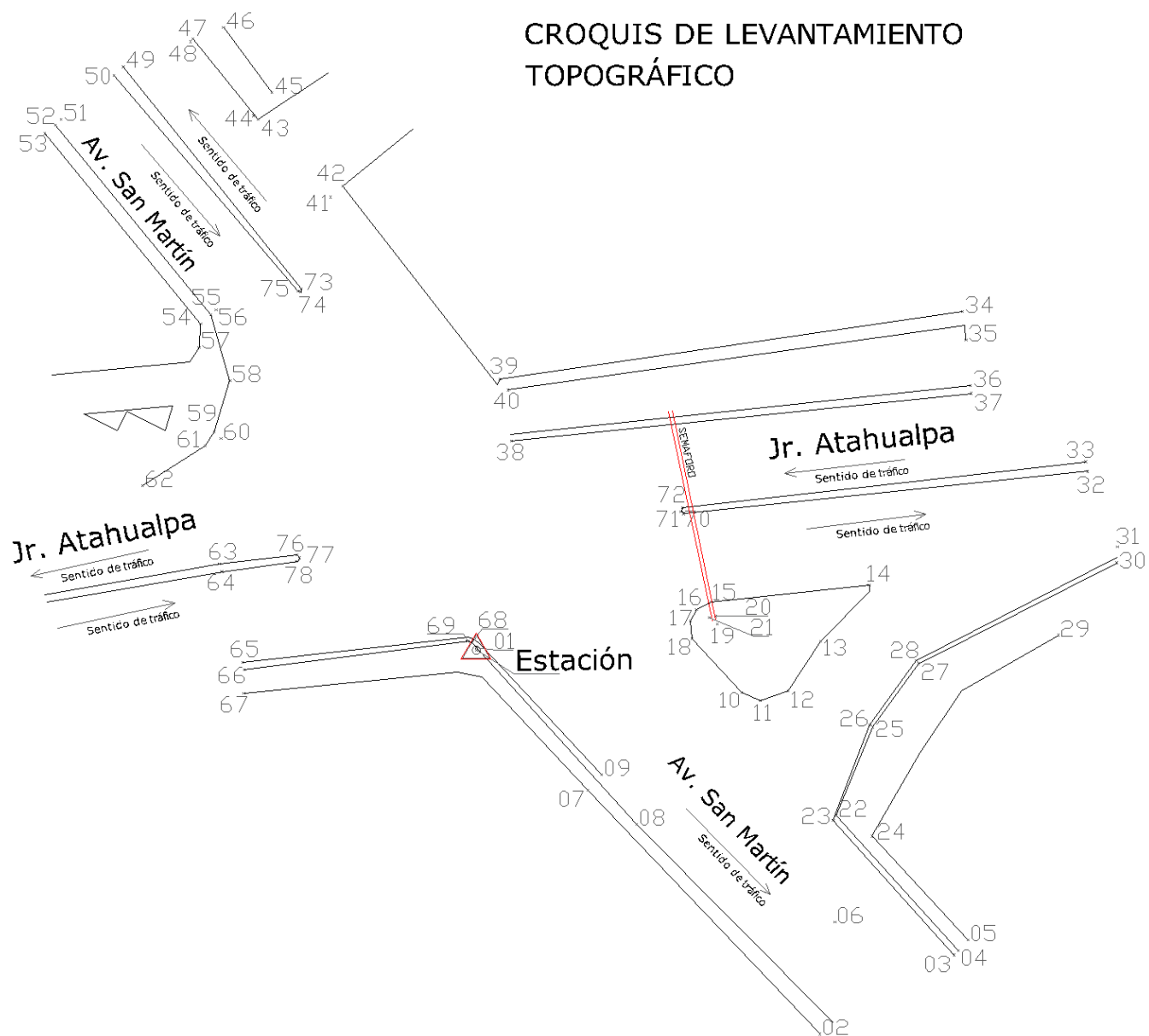


Tabla 47

Coordenadas de estación para levantamiento topográfico

COORDENADAS de estación	
ESTE	775474.4963
NORTE	9207193.1690
ALTITUD	2700

Tabla 48*Datos de levantamiento topográfico*

ITEM	TIPO	CODIGO	COORDENADA ESTE	COORDENADA NORTE	ALTITUD
E	EST	ESTACIÓN	775474.4963	9207193.169	2700
01	PUNTO	ESQUINA	775474.8049	9207193.105	2700.065
02	PUNTO	PARED	775501.3063	9207163.276	2697.564
03	PUNTO	CUNETAS	775511.7623	9207169.42	2700.22
04	PUNTO	VEREDA	775512.0973	9207169.791	2700.409
05	PUNTO	PARED	775512.8213	9207170.594	2700.409
06	PUNTO	CENTRO DE VIA	775502.4563	9207172.017	2700.307
07	PUNTO	PARED	775483.2123	9207182.277	2699.841
08	PUNTO	VEREDA	775487.0173	9207179.614	2699.831
09	PUNTO	CUNETAS	775484.2823	9207183.467	2700.006
10	PUNTO	VEREDA	775495.2163	9207189.876	2700.357
11	PUNTO	VEREDA	775496.6793	9207189.223	2700.429
12	PUNTO	VEREDA	775498.8193	9207189.982	2700.592
13	PUNTO	VEREDA	775501.3463	9207193.897	2700.79
14	PUNTO	VEREDA	775505.1313	9207198.253	2701.161
15	PUNTO	VEREDA	775492.8113	9207196.93	2700.648
16	PUNTO	VEREDA	775491.6813	9207196.336	2700.543
17	PUNTO	VEREDA	775491.1773	9207195.45	2700.431
18	PUNTO	VEREDA	775491.3313	9207194.087	2700.368
19	PUNTO	CABINA TELEF	775493.2913	9207195.227	2700.685
20	PUNTO	POSTE	775493.1603	9207195.809	2700.694
21	PUNTO	SEMAFORO	775492.6733	9207195.719	2700.681
22	PUNTO	VEREDA	775502.5573	9207180.279	2700.274
23	PUNTO	CUNETAS	775502.3353	9207179.898	2700.263
24	PUNTO	PARED	775505.3593	9207178.691	2700.516
25	PUNTO	VEREDA	775505.4123	9207187.184	2700.431
26	PUNTO	CUNETAS	775505.1853	9207187.356	2700.63
27	PUNTO	VEREDA	775508.9693	9207192.125	2700.75
28	PUNTO	CUNETAS	775508.8013	9207192.329	2700.958
29	PUNTO	PARED	775519.8573	9207194.342	2701.665
30	PUNTO	VEREDA	775524.4223	9207199.987	2701.986
31	PUNTO	CUNETAS	775524.4803	9207201.218	2701.903
32	PUNTO	BERMA CENT	775522.1813	9207207.098	2701.951
33	PUNTO	BERMA CENT	775522.0053	9207207.851	2701.908
34	PUNTO	PARED	775512.4063	9207219.553	2701.317
35	PUNTO	VEREDA	775512.6713	9207217.317	2701.101
36	PUNTO	CUNETAS	775513.0503	9207213.792	2701.07
37	PUNTO	CUNETAS	775513.1023	9207213.177	2701.469
38	PUNTO	ESQUINA	775477.2473	9207209.474	2700.084
39	PUNTO	PARED	775476.3353	9207214.29	2699.678
40	PUNTO	VEREDA	775476.9773	9207213.444	2699.416
41	PUNTO	VEREDA	775463.1693	9207228.47	2699.008
42	PUNTO	PARED	775464.1143	9207229.346	2699.038
43	PUNTO	VEREDA	775457.4903	9207234.515	2698.813
44	PUNTO	POSTE	775457.1493	9207234.801	2698.979
45	PUNTO	ESQUINA	775458.5903	9207236.592	2699.024
46	PUNTO	PARED	775454.8123	9207241.682	2698.888

ITEM	TIPO	CODIGO	COORDENADA ESTE	COORDENADA NORTE	ALTITUD
47	PUNTO	VEREDA	775452.4293	9207240.809	2698.846
48	PUNTO	CUNETA	775452.2503	9207240.58	2698.703
49	PUNTO	BERMA CENT	775446.9983	9207238.617	2698.8
50	PUNTO	BERMA CENT	775446.2573	9207237.958	2698.804
51	PUNTO	CUNETA	775442.1643	9207234.521	2698.724
52	PUNTO	VEREDA	775441.6933	9207234.087	2699.024
53	PUNTO	PARED	775440.8623	9207233.418	2699.023
54	PUNTO	PARED	775453.0293	9207218.614	2699.206
55	PUNTO	VEREDA	775453.8033	9207219.322	2699.158
56	PUNTO	CUNETA	775454.2343	9207219.693	2698.957
57	PUNTO	PARED	775452.9053	9207216.784	2699.154
58	PUNTO	VEREDA	775455.3093	9207214.145	2699.3
59	PUNTO	VEREDA	775454.0743	9207210.181	2699.299
60	PUNTO	CUNETA	775454.6243	9207209.677	2699.252
61	PUNTO	VEREDA	775453.3643	9207209.098	2699.269
62	PUNTO	VEREDA	775448.4853	9207205.996	2699.045
63	PUNTO	BERMA CENT	775454.4943	9207199.883	2699.499
64	PUNTO	BERMA CENT	775454.6833	9207199.289	2699.532
65	PUNTO	CUNETA	775456.2903	9207192.221	2699.387
66	PUNTO	VEREDA	775456.4143	9207191.639	2699.322
67	PUNTO	PARED	775456.3973	9207189.808	2699.546
68	PUNTO	ESQUINA VEREDA	775474.1753	9207193.734	2700.06
69	PUNTO	ESQUINA VEREDA	775473.8473	9207193.875	2700.063
70	PUNTO	ESQUINA BERMA	775490.6603	9207203.804	2700.751
71	PUNTO	ESQUINA BERMA	775490.4753	9207203.968	2700.743
72	PUNTO	ESQUINA BERMA	775490.5873	9207204.275	2700.734
73	PUNTO	ESQUINA BERMA	775460.8833	9207221.348	2699.203
74	PUNTO	ESQUINA BERMA	775460.8113	9207221.101	2699.206
75	PUNTO	ESQUINA BERMA	775460.6173	9207221.134	2699.202
76	PUNTO	ESQUINA BERMA	775460.5393	9207200.616	2699.692
77	PUNTO	ESQUINA BERMA	775460.7583	9207200.369	2699.703
78	PUNTO	ESQUINA BERMA	775460.5043	9207200.1	2699.676

Figura 39

Medición de del ciclo semafórico real, tomados insitu.

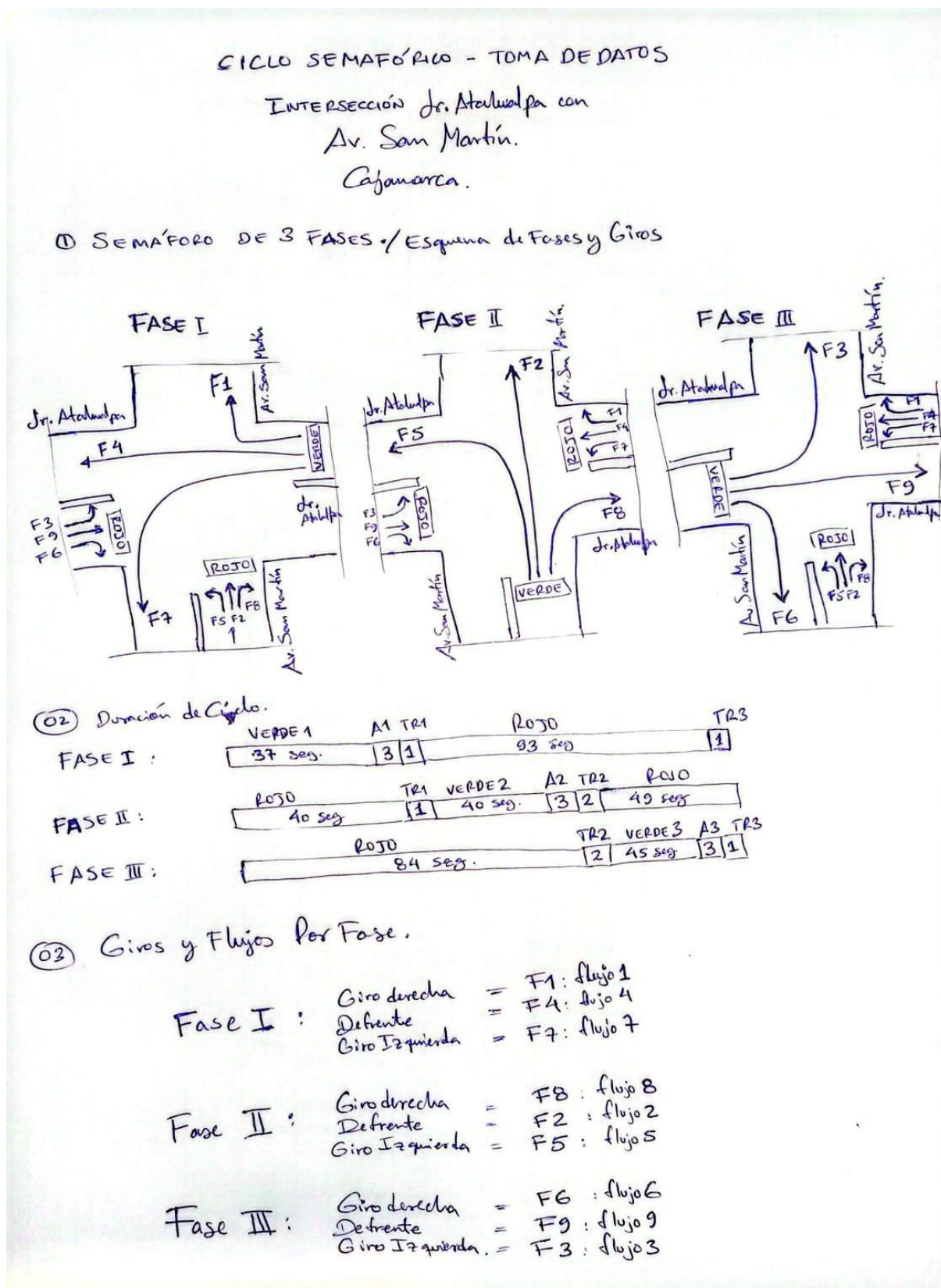


Tabla 49

Aforos vehiculares

Intervalo de Tiempo	FLUJO	Motos			Vehículos Ligeros				Bus			Camión			Trailers			Veh. Especiales				Total de Vehículos por Intervalo y Flujo	
		Motocicleta	Mototaxi/ motocarga	Cuatrimoto o triciclo	Auto	Camioneta Cerrada o Minivan	Combi	Custer	2 ejes	3 a más ejes	Pequeño	2 ejes	3 ejes a mas	3 ejes	4 a más ejes	2 cuerpos	Camión Bombero	Ambulancia/ policía / Serenazgo	Grúa o Cisterna	Maquinaria Pesada	FLUJO	Total de Vehículos	
6.00 - 6.15	1	0	2	0	2	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	10.5	
	2	11	15	0	11	7	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	61.13	
	3	0	0	0	4	2	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	14.75	
	4	5	6	0	8	4	0	5	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	4	33.4	
	5	1	9	0	2	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	25.33	
	6	0	4	0	1	4	0	12	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	34.5	
	7	0	6	0	3	4	1	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	7	23.25	
	8	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	2.33	
	9	2	10	0	8	3	2	12	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	9	53.66	
6.15 - 6.30	1	0	3	0	4	3	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	18.75	
	2	10	17	0	7	7	0	14	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	62.3	
	3	1	0	0	6	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	9.83	
	4	5	8	0	8	2	2	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	38.9	
	5	0	11	0	4	1	0	6	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	5	31.5	
	6	0	4	0	0	3	0	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	6	27	
	7	0	7	0	2	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	16.25	
	8	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	3	
	9	2	7	0	6	3	2	14	0	0	0	2	2	0	0	0	0	2	0	0	0	9	59.66
6.30 - 6.45	1	4	9	0	6	2	0	3	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	28.57	
	2	10	33	0	13	8	0	13	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	85.05	
	3	0	3	0	1	2	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	12	
	4	2	13	0	5	3	0	16	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	51.41	
	5	0	9	0	5	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	19.75	
	6	1	10	0	6	2	0	11	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	39.83	
	7	2	14	0	5	2	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	7	27.66	
	8	2	5	0	4	4	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	8	22.16	
	9	9	11	0	8	4	0	17	0	0	0	0	2	1	0	1	1	0	0	0	9	68.22	
6.45 - 7.00	1	6	12	0	6	5	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	28.98	
	2	12	40	0	22	8	0	13	0	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	106.21	
	3	1	2	0	4	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	12.58	
	4	3	27	0	10	2	0	17	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4	72.24	
	5	2	9	0	4	0	0	3	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	5	25.66	
	6	3	14	0	2	2	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	50.49	
	7	3	16	0	7	4	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	7	33.99	
	8	1	7	0	3	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	8	16.33	
	9	6	27	0	17	3	0	19	1	2	0	0	4	1	1	2	1	0	0	0	9	110.98	

Intervalo de Tiempo	FLUJO	Motos			Vehículos Ligeros			Bus			Camión			Trailers			Veh. Especiales				Total de Vehículos por Intervalo y Flujo	
		Motocicleta	Mototaxi/ motocarga	Cuatrimoto o triciclo	Auto	Camioneta Cerrada o Minivan	Combi	Custer	2 ejes	3 a más ejes	Pequeño	2 ejes	3 ejes a mas	3 ejes	4 a más ejes	2 cuerpos	Camión Bombero	Ambulancia/ policía / Serenazgo	Grúa o Cisterna	Maquinaria Pesada	FLUJO	Total de Vehículos
7.00 - 7.15	1	6	16	0	11	3	0	2	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	42.23
	2	19	44	0	43	11	1	20	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	2	147.77
	3	0	4	0	4	3	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3	16
	4	4	16	0	11	3	0	14	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	58.32
	5	2	4	0	6	3	0	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5	23.16
	6	3	21	0	9	3	0	13	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	6	59.24
	7	3	12	0	8	2	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	7	33.99
	8	3	8	0	5	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	18.99
	9	10	18	0	22	8	0	22	0	0	1	3	3	2	1	0	0	0	0	0	9	114.55
7.15 - 7.30	1	14	16	0	23	3	0	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	58.87
	2	22	55	0	40	14	0	28	0	1	0	2	1	1	0	0	0	1	0	0	2	179.26
	3	1	3	0	6	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	15.58
	4	5	14	0	11	7	0	17	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	65.65
	5	2	8	0	9	2	0	2	0	1	0	2	0	1	0	0	1	1	0	0	5	37.16
	6	4	12	0	6	5	0	14	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	6	53.82
	7	3	20	0	9	5	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	7	41.74
	8	5	12	0	9	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	8	29.65
	9	14	15	0	20	8	0	25	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	9	98.87
7.30 - 7.45	1	8	22	0	15	6	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	52.39
	2	24	55	0	40	11	0	18	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	2	152.92
	3	3	6	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	10.99
	4	3	27	0	10	4	0	27	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4	96.24
	5	2	15	0	8	2	0	2	0	1	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	5	38.91
	6	2	13	0	7	4	0	13	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	49.66
	7	4	33	0	8	5	0	2	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	7	55.82
	8	2	10	0	5	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	21.41
	9	16	14	0	17	9	0	18	0	0	0	1	3	1	0	0	0	0	0	0	9	89.28
7.45 - 8.00	1	9	18	0	15	2	0	5	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	53.47
	2	25	40	0	24	5	0	21	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	2	124
	3	1	7	0	5	0	0	3	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	3	22.58
	4	3	15	0	10	3	0	22	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	4	71.49
	5	4	21	0	4	3	0	4	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5	41.07
	6	1	13	0	11	2	0	14	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	6	53.33
	7	4	21	0	5	3	0	0	0	0	0	1	3	1	0	0	0	0	0	0	7	42.82
	8	3	6	0	4	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	15.74
	9	24	27	0	23	5	0	21	0	1	0	2	3	1	0	0	0	0	0	0	9	116.92

Intervalo de Tiempo	FLUJO	Motos			Vehículos Ligeros			Bus			Camión			Trailers			Veh. Especiales				Total de Vehículos por Intervalo y Flujo	
		Motocicleta	Mototaxi/ motocarga	Cuatrimoto o triciclo	Auto	Camioneta Cerrada o Minivan	Combi	Custer	2 ejes	3 a más ejes	Pequeño	2 ejes	3 ejes a mas	3 ejes	4 a más ejes	2 cuerpos	Camión Bombero	Ambulancia/ policía / Serenazgo	Grúa o Cisterna	Maquinaria Pesada	FLUJO	Total de Vehículos
8.00 - 8.15	1	10	17	0	15	6	0	5	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	55.05
	2	20	46	0	24	9	0	24	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	2	137.35
	3	1	6	0	4	3	0	3	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	3	28.58
	4	11	21	0	17	8	0	21	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	88.88
	5	4	10	0	8	3	0	4	0	2	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	5	39.82
	6	5	28	0	16	4	0	15	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	6	78.4
	7	6	34	0	13	4	0	3	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	7	63.23
	8	3	10	0	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	18.99
	9	15	19	0	22	13	0	24	0	0	1	1	0	2	0	5	1	0	1	0	9	127.45
8.15 - 8.30	1	7	16	0	15	7	0	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	48.06
	2	18	31	0	18	8	0	13	0	0	0	3	0	0	0	0	0	1	0	0	2	94.94
	3	2	4	0	2	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	10.41
	4	6	21	0	14	3	0	12	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4	67.98
	5	4	9	0	6	2	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5	26.32
	6	4	11	0	7	4	0	10	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	6	48.32
	7	8	18	0	12	5	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	7	41.89
	8	2	5	0	6	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	8	18.66
	9	12	17	0	16	10	0	17	0	0	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	9	90.96
8.30 - 8.45	1	10	18	0	16	10	0	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	55.05
	2	19	32	0	26	13	0	13	0	1	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	2	112.27
	3	2	4	0	4	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	12.41
	4	2	25	0	12	5	0	20	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	4	87.41
	5	4	9	0	10	2	0	3	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	5	32.32
	6	2	27	0	11	5	0	10	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	65.66
	7	2	19	0	7	6	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	7	36.91
	8	1	7	0	2	2	0	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	8	20.58
	9	16	19	0	28	16	0	27	0	1	1	0	6	0	0	0	0	1	0	0	9	136.78
8.45 - 9.00	1	8	20	0	18	7	0	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	55.39
	2	16	43	0	28	12	0	18	0	0	0	5	0	0	0	0	0	1	0	0	2	134.03
	3	1	8	0	5	2	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	3	23.83
	4	6	25	0	15	9	0	14	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	4	84.48
	5	3	14	0	5	3	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5	29.49
	6	4	18	0	8	5	0	16	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	6	64.57
	7	0	21	0	7	5	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	7	37.25
	8	1	5	0	3	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	13.08
	9	14	26	0	22	11	0	20	0	1	0	1	4	2	0	1	1	0	0	0	9	123.37

Intervalo de Tiempo	FLUJO	Motos			Vehículos Ligeros				Bus			Camión			Trailers			Veh. Especiales				Total de Vehículos por Intervalo y Flujo	
		Motocicleta	Mototaxi/ motocarga	Cuatrimoto o triciclo	Auto	Camioneta Cerrada o	Minivan	Combi	Custer	2 ejes	3 a más ejes	Pequeño	2 ejes	3 ejes a mas	3 ejes	4 a más ejes	2 cuerpos	Camión Bombero	Ambulancia/ policía / Serenazgo	Grúa o Cisterna	Maquinaria Pesada	FLUJO	Total de Vehículos
9.00 - 9.15	1	8	18	0	20	4	0	2	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	55.64
	2	16	50	0	29	10	0	12	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	120.28
	3	1	7	0	4	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	16.83
	4	5	27	0	10	5	0	20	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	4	83.65
	5	4	13	0	7	2	0	2	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5	31.57
	6	2	19	0	6	3	0	11	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	6	52.66
	7	4	20	0	11	4	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	7	43.07
	8	1	5	0	9	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	8	19.58
	9	13	27	0	25	12	0	21	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	9	112.29
9.15 - 9.30	1	8	17	0	16	5	2	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	55.39
	2	7	36	0	27	8	5	11	0	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	2	115.56
	3	0	8	0	8	2	0	1	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	26.75
	4	3	20	0	21	4	0	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	65.99
	5	3	8	0	5	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	21.24
	6	2	17	0	7	2	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	47.66
	7	2	13	0	12	3	0	3	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	7	43.16
	8	2	4	0	1	2	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	8	14.16
	9	7	20	0	26	11	0	14	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	2	0	0	9	96.81
9.30 - 9.45	1	5	24	0	16	6	0	2	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	57.65
	2	12	47	0	26	10	0	5	0	3	0	0	3	0	0	0	0	0	1	0	0	2	111.71
	3	2	6	0	6	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	16.16
	4	4	20	0	14	9	0	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	60.82
	5	3	18	0	6	2	0	1	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	5	38.24
	6	4	14	0	9	3	0	4	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	6	41.82
	7	4	10	0	9	6	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	7	32.32
	8	1	4	0	2	3	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	8	15.83
	9	7	29	0	21	11	0	6	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	9	81.31
9.45 - 10.00	1	10	23	0	16	6	0	2	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	61.05
	2	19	37	0	34	11	0	12	0	6	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	127.77
	3	1	9	0	9	4	1	2	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	32.33
	4	3	22	0	17	13	1	20	0	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	101.24
	5	4	12	0	9	2	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	32.82
	6	2	16	1	15	4	1	17	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	72.66
	7	5	13	0	14	5	0	2	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	7	44.4
	8	2	7	0	2	3	0	1	0	2	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	8	26.41
	9	14	35	0	27	11	1	22	0	4	0	5	1	0	0	1	1	0	0	0	0	9	146.87

Intervalo de Tiempo	FLUJO	Motos			Vehículos Ligeros				Bus			Camión			Trailers			Veh. Especiales				Total de Vehículos por Intervalo y Flujo	
		Motocicleta	Mototaxi/ motocarga	Cuatrimoto o triciclo	Auto	Camioneta Cerrada o	Minivan	Combi	Custer	2 ejes	3 a más ejes	Pequeño	2 ejes	3 ejes a mas	3 ejes	4 a más ejes	2 cuerpos	Camión Bombero	Ambulancia/ policía / Serenazgo	Grúa o Cisterna	Maquinaria Pesada	FLUJO	Total de Vehículos
10.00 - 10.15	1	9	17	0	12	8	0	4	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	56.47
	2	17	38	0	22	8	0	15	0	3	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	111.61
	3	1	5	0	6	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	18.58
	4	6	18	0	14	8	0	10	0	3	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	4	73.48
	5	5	11	0	9	2	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	5	32.15
	6	4	16	0	10	7	0	14	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	6	68.57
	7	2	13	0	10	5	0	2	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	7	38.66
	8	2	9	0	6	4	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	8	26.16
	9	18	29	0	23	14	0	21	0	1	0	0	3	1	0	1	2	1	0	1	0	9	133.44
10.15 - 10.30	1	9	13	0	18	5	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	46.72
	2	19	28	0	22	8	0	17	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	98.77
	3	3	5	0	8	1	0	3	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	24.99
	4	7	23	1	20	6	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	87.31
	5	0	14	0	9	2	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5	31
	6	2	13	0	8	3	0	7	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	6	41.66
	7	3	16	1	6	3	0	1	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	7	35.99
	8	3	2	0	5	3	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	8	15.24
	9	6	18	0	20	13	0	15	0	0	2	0	3	0	0	1	2	0	1	0	0	9	100.48
10.30 - 10.45	1	6	18	0	20	12	0	3	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	63.98
	2	19	29	0	25	14	0	18	0	0	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	120.52
	3	0	7	0	11	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	23.5
	4	7	26	0	24	6	0	18	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	92.06
	5	4	12	0	8	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	29.57
	6	4	12	0	13	7	0	13	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	6	62.32
	7	3	15	0	6	3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	32.49
	8	3	10	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	21.99
	9	13	22	0	25	10	0	18	0	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	104.54
10.45 - 11.00	1	9	13	0	14	5	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	40.22
	2	16	37	0	31	15	0	18	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	129.28
	3	3	5	0	12	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	22.49
	4	11	25	0	16	7	0	22	0	0	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	102.38
	5	5	13	0	6	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	27.15
	6	4	11	0	8	3	0	12	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	6	51.57
	7	6	12	0	9	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	7	30.23
	8	3	4	0	7	3	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	20.99
	9	11	26	0	25	15	0	23	0	0	2	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	9	121.88

Intervalo de Tiempo	FLUJO	Motos			Vehículos Ligeros				Bus			Camión			Trailers			Veh. Especiales				Total de Vehículos por Intervalo y Flujo	
		Motocicleta	Mototaxi/ motocarga	Cuatrimoto o triciclo	Auto	Camioneta Cerrada o	Minivan	Combi	Custer	2 ejes	3 a más ejes	Pequeño	2 ejes	3 ejes a mas	3 ejes	4 a más ejes	2 cuerpos	Camión Bombero	Ambulancia/ policía / Serenazgo	Grúa o Cisterna	Maquinaria Pesada	FLUJO	Total de Vehículos
11.00 - 11.15	1	7	20	0	11	8	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	45.56
	2	15	20	0	18	8	0	17	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	88.2
	3	1	7	0	3	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	13.08
	4	9	26	0	18	7	0	12	0	0	1	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	4	87.22
	5	2	9	0	6	3	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	25.66
	6	4	15	0	9	6	0	14	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	60.57
	7	2	15	0	5	6	0	2	0	0	1	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	7	42.41
	8	3	8	0	4	2	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	23.49
	9	14	25	0	23	17	0	22	0	0	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	120.37
11.15 - 11.30	1	11	9	0	10	6	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	37.13
	2	12	25	0	21	12	0	13	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	94.46
	3	0	8	0	5	2	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	19.5
	4	10	18	0	17	6	0	16	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	76.8
	5	2	14	0	8	3	0	2	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	36.16
	6	3	20	0	7	6	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	46.24
	7	3	13	0	6	5	0	2	0	0	1	2	2	0	1	1	1	0	0	0	0	7	48.24
	8	2	11	0	5	4	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	24.16
	9	9	17	0	18	12	0	15	0	1	2	2	0	0	1	1	0	0	1	0	0	9	94.72
11.30 - 11.45	1	3	7	0	2	5	0	2	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	23.49
	2	13	20	0	9	8	0	14	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	72.79
	3	3	4	0	3	3	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	14.99
	4	2	8	0	6	9	0	11	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	45.16
	5	3	5	0	7	3	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	22.74
	6	4	10	0	5	3	0	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	6	39.32
	7	4	6	0	5	4	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	7	24.82
	8	2	1	0	4	3	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	8	17.16
	9	6	13	0	12	6	0	11	0	0	2	0	3	0	3	0	0	0	0	0	0	9	71.73
11.45 - 12.00	1	5	7	0	11	6	0	3	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	35.65
	2	5	11	0	17	12	0	13	0	0	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	2	76.4
	3	1	3	0	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	8.33
	4	5	5	0	11	12	0	14	0	0	2	1	3	0	1	0	0	0	0	0	0	4	71.15
	5	2	3	0	5	4	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	19.66
	6	4	9	0	7	10	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	41.32
	7	2	5	0	4	3	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	20.16
	8	2	5	0	4	2	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	20.41
	9	7	14	0	17	14	0	12	0	1	2	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	9	85.06

Intervalo de Tiempo	FLUJO	Motos			Vehículos Ligeros				Bus			Camión			Trailers			Veh. Especiales				Total de Vehículos por Intervalo y Flujo	
		Motocicleta	Mototaxi/ motocarga	Cuatrimoto o triciclo	Auto	Camioneta Cerrada o Minivan	Combi	Custer	2 ejes	3 a más ejes	Pequeño	2 ejes	3 ejes a mas	3 ejes	4 a más ejes	2 cuerpos	Camión Bombero	Ambulancia/ policía/ Serenazgo	Grúa o Cisterna	Maquinaria Pesada	FLUJO	Total de Vehículos	
12.00 - 12.15	1	4	6	0	6	5	0	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	26.07	
	2	5	17	0	17	8	0	6	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	59.15	
	3	1	2	0	3	2	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	13.83	
	4	4	12	0	7	9	0	10	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	49.32	
	5	2	5	0	4	3	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	16.66	
	6	2	6	0	4	8	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	32.66	
	7	3	8	0	9	3	0	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	7	35.74	
	8	2	2	0	1	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	8	10.66	
	9	4	9	0	13	7	0	11	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	9	59.57	
12.15 - 12.30	1	11	18	1	15	6	0	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	53.13	
	2	20	45	0	22	12	0	18	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	2	127.1	
	3	2	7	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	12.66	
	4	9	17	0	17	10	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	73.22	
	5	5	12	0	9	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	5	29.65	
	6	3	12	0	6	6	0	13	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	6	55.24	
	7	4	11	0	6	9	0	4	0	0	1	2	3	0	0	0	0	0	0	0	7	49.07	
	8	1	3	0	4	3	0	3	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	8	20.58	
	9	12	25	0	31	10	0	19	0	0	0	5	3	1	0	0	1	0	0	0	9	128.21	
12.30 - 12.45	1	11	24	0	16	8	0	1	0	0	0	0	2	1	1	0	0	1	0	0	1	65.88	
	2	20	29	1	22	13	0	19	0	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	2	117.35	
	3	1	8	0	3	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	16.58	
	4	10	17	0	14	17	0	19	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	86.8	
	5	3	10	0	24	3	0	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	49.99	
	6	5	12	0	10	5	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	46.15	
	7	4	10	0	5	10	0	3	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	7	36.57	
	8	1	18	0	16	2	0	2	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	8	44.58	
	9	14	31	0	4	8	0	21	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	9	91.87	
12.45 - 13.00	1	7	13	0	11	7	0	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	41.06	
	2	15	38	0	16	16	0	16	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	2	110.45	
	3	3	5	0	5	2	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3	21.49	
	4	9	15	0	18	9	0	22	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	4	90.97	
	5	3	16	0	6	3	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	5	30.99	
	6	7	17	0	13	10	0	16	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	6	75.31	
	7	9	10	0	10	9	0	4	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	7	43.97	
	8	2	6	0	4	5	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	8	20.66	
	9	15	25	0	17	9	0	28	0	0	1	4	0	1	1	0	1	0	0	0	9	124.7	

Intervalo de Tiempo	FLUJO	Motos			Vehículos Ligeros			Bus			Camión			Trailers			Veh. Especiales				Total de Vehículos por Intervalo y Flujo	
		Motocicleta	Mototaxi/ motocarga	Cuatrimoto o triciclo	Auto	Camioneta Cerrada o Minivan	Combi	Custer	2 ejes	3 a más ejes	Pequeño	2 ejes	3 ejes a mas	3 ejes	4 a más ejes	2 cuerpos	Camión Bombero	Ambulancia/ policía / Serenazgo	Grúa o Cisterna	Maquinaria Pesada	FLUJO	Total de Vehículos
13.00 - 13.15	1	7	13	0	15	6	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	39.81
	2	18	39	0	23	17	0	14	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	2	116.94
	3	2	6	0	5	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	14.41
	4	9	13	0	11	13	0	11	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	4	64.22
	5	3	14	0	9	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5	30.49
	6	6	16	0	8	8	0	13	0	0	0	3	0	0	1	2	1	0	0	0	6	74.23
	7	4	11	0	10	8	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	7	35.32
	8	3	7	0	6	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	18.74
	9	13	20	0	21	17	0	25	0	1	0	2	0	0	1	0	2	0	0	0	9	120.79
13.15 - 13.30	1	10	12	0	12	7	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	41.3
	2	14	31	0	26	21	0	17	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	2	122.37
	3	2	4	0	3	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	10.41
	4	6	17	0	15	13	0	20	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	84.48
	5	2	12	0	13	4	0	3	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	5	39.91
	6	4	12	0	8	5	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	47.32
	7	4	17	0	8	8	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	7	41.07
	8	3	5	2	7	6	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	8	26.99
	9	6	17	0	17	12	0	20	0	0	0	6	0	0	0	0	1	0	0	0	9	100.48
13.30 - 13.45	1	9	13	0	13	5	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	42.47
	2	13	31	0	30	16	0	12	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	1	0	2	112.29
	3	3	6	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	11.99
	4	5	22	0	11	8	0	11	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	4	66.9
	5	3	11	0	5	2	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5	24.99
	6	5	20	0	7	5	0	11	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	6	60.15
	7	5	17	0	14	9	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	46.9
	8	4	11	0	4	4	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	8	26.32
	9	8	24	0	24	12	0	20	0	1	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	9	112.39
13.45 - 14.00	1	9	14	0	10	6	0	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	42.22
	2	18	40	0	27	19	0	16	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	124.69
	3	3	8	0	3	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	14.74
	4	9	12	0	9	7	0	13	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	4	58.72
	5	3	12	0	9	2	0	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5	31.74
	6	3	12	0	8	8	0	11	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	6	53.24
	7	4	15	0	4	8	0	1	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	7	37.57
	8	3	9	0	5	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	18.74
	9	12	25	0	19	14	0	18	0	0	0	4	0	0	0	1	0	0	0	0	9	105.96

Intervalo de Tiempo	FLUJO	Motos			Vehículos Ligeros			Bus			Camión			Trailers			Veh. Especiales				Total de Vehículos por Intervalo y Flujo	
		Motocicleta	Mototaxi/ motocarga	Cuatrimoto o triciclo	Auto	Camioneta Cerrada o Minivan	Combi	Custer	2 ejes	3 a más ejes	Pequeño	2 ejes	3 ejes a mas	3 ejes	4 a más ejes	2 cuerpos	Camión Bombero	Ambulancia/ policía / Serenazgo	Grúa o Cisterna	Maquinaria Pesada	FLUJO	Total de Vehículos
14.00 - 14.15	1	4	14	0	19	7	0	1	0	1	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	55.07
	2	15	40	0	27	15	0	18	0	0	2	1	0	0	1	0	1	0	1	0	2	133.45
	3	3	6	0	5	1	0	2	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	21.24
	4	5	13	0	14	3	0	14	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	58.65
	5	3	13	0	6	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	24.49
	6	4	17	0	10	6	0	14	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	6	63.82
	7	3	13	0	6	8	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	31.49
	8	3	5	0	3	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	12.74
	9	11	22	0	28	21	0	17	0	0	2	0	0	0	1	0	0	1	0	0	9	113.63
14.15 - 14.30	1	5	19	0	10	5	0	6	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	53.15
	2	18	38	0	27	17	0	14	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	114.69
	3	1	5	1	4	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	15.58
	4	5	18	1	11	7	3	18	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4	80.15
	5	2	13	0	6	2	0	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5	29.41
	6	2	13	0	6	7	0	11	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	6	50.66
	7	4	15	1	12	9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	7	40.82
	8	1	13	0	6	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	23.33
	9	10	23	0	28	14	0	14	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	9	99.3
14.30 - 14.45	1	7	15	0	13	9	0	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	48.56
	2	21	43	0	23	9	0	15	0	0	2	0	1	0	0	0	0	1	0	0	2	116.93
	3	1	3	0	2	4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	11.83
	4	6	17	0	11	10	0	21	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4	81.48
	5	3	8	0	7	0	0	1	0	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	5	26.99
	6	3	10	0	3	7	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	43.74
	7	5	12	0	11	8	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	7	39.15
	8	3	8	0	5	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	8	18.74
	9	5	22	0	21	18	0	16	0	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	9	99.9
14.45 - 15.00	1	7	19	0	13	15	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	58.06
	2	22	31	0	23	25	0	14	0	0	4	0	1	0	0	0	1	1	0	0	2	126.51
	3	0	3	0	4	1	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	3	16.5
	4	6	11	0	12	11	0	16	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4	70.98
	5	3	13	0	5	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	25.49
	6	7	14	0	8	7	0	10	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	53.31
	7	2	15	0	7	5	0	2	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	7	43.41
	8	1	6	0	4	5	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	8	20.58
	9	9	21	0	23	11	0	15	0	0	3	1	1	2	0	1	0	0	0	0	9	103.47

Intervalo de Tiempo	FLUJO	Motos			Vehículos Ligeros				Bus			Camión			Trailers			Veh. Especiales				Total de Vehículos por Intervalo y Flujo	
		Motocicleta	Mototaxi/ motocarga	Cuatrimoto o triciclo	Auto	Camioneta Cerrada o	Minivan	Combi	Custer	2 ejes	3 a más ejes	Pequeño	2 ejes	3 ejes a mas	3 ejes	4 a más ejes	2 cuerpos	Camión Bombero	Ambulancia/ policía / Serenazgo	Grúa o Cisterna	Maquinaria Pesada	FLUJO	Total de Vehículos
15.00 - 15.15	1	5	8	1	10	7	0	3	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	40.65
	2	9	16	8	18	13	0	6	6	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	83.97
	3	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4
	4	2	6	0	8	6	0	8	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	47.66
	5	1	5	0	2	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	5	16.08
	6	0	6	0	4	2	0	3	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	26
	7	0	4	0	4	8	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	7	22
	8	0	3	0	4	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	8	13
	9	9	27	0	18	12	0	17	7	0	2	0	1	2	0	1	0	0	0	0	0	9	116.47
15.15 - 15.30	1	5	8	0	9	10	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	39.15
	2	12	23	3	18	6	0	9	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	2	77.46
	3	3	3	0	6	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	15.24
	4	5	13	0	8	7	0	12	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	55.65
	5	1	7	0	5	1	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5	19.33
	6	3	9	0	7	5	0	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	6	34.99
	7	3	10	0	17	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	31.74
	8	1	3	0	2	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	10.83
	9	5	10	0	6	10	0	14	0	1	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	9	61.9
15.30 - 15.45	1	9	7	0	9	4	0	3	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	32.97
	2	9	17	0	19	9	0	10	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	74.47
	3	0	4	0	6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	12.25
	4	6	14	0	12	3	0	11	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	52.48
	5	2	7	0	4	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	18.41
	6	3	8	0	8	3	0	7	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	34.49
	7	6	9	0	4	5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	22.48
	8	1	3	0	3	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	12.58
	9	6	15	3	16	6	0	15	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	77.73
15.45 - 16.00	1	13	16	0	8	13	0	3	0	0	0	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	59.04
	2	19	25	0	23	23	1	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	100.02
	3	3	8	0	10	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	20.99
	4	10	30	0	15	15	1	20	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	102.55
	5	6	10	0	9	9	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	40.48
	6	9	11	0	6	11	0	6	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	48.97
	7	4	12	0	3	6	0	2	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	33.32
	8	3	4	0	1	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	12.99
	9	8	18	0	24	20	0	18	0	0	0	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	9	116.14

Intervalo de Tiempo	FLUJO	Motos			Vehículos Ligeros			Bus			Camión			Trailers			Veh. Especiales				Total de Vehículos por Intervalo y Flujo	
		Motocicleta	Mototaxi/ motocarga	Cuatrimoto o triciclo	Auto	Camioneta Cerrada o Minivan	Combi	Custer	2 ejes	3 a más ejes	Pequeño	2 ejes	3 ejes a mas	3 ejes	4 a más ejes	2 cuerpos	Camión Bombero	Ambulancia/ policía / Serenazgo	Grúa o Cisterna	Maquinaria Pesada	FLUJO	Total de Vehículos
16.00 - 16.15	1	8	10	0	16	10	0	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	49.89
	2	17	20	0	20	19	0	16	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	100.11
	3	4	7	0	7	4	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	24.57
	4	5	13	0	17	7	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	59.65
	5	4	5	0	9	3	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	23.07
	6	7	11	0	6	9	0	12	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	51.81
	7	4	11	0	11	13	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	40.57
	8	2	3	0	6	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	14.41
	9	8	13	0	20	21	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	81.14
16.15 - 16.30	1	7	12	0	12	12	0	5	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	54.56
	2	13	22	0	23	23	0	10	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	92.29
	3	6	7	0	9	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	22.98
	4	5	18	0	11	12	0	16	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	75.65
	5	5	5	0	6	4	0	4	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	28.65
	6	4	12	0	8	7	0	9	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	49.07
	7	5	14	0	7	9	0	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	40.9
	8	6	3	0	4	4	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	20.48
	9	9	25	0	20	14	0	21	2	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	9	114.72
16.30 - 16.45	1	5	15	0	11	11	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	46.4
	2	12	23	0	29	15	0	9	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	89.21
	3	5	6	0	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	15.65
	4	9	14	0	11	11	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	75.72
	5	5	10	0	4	2	0	3	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	27.15
	6	4	12	0	6	6	0	9	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	48.57
	7	2	12	0	7	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	26.66
	8	3	6	0	5	4	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	23.74
	9	13	17	0	21	13	0	25	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	109.04
16.45 - 17.00	1	5	7	0	12	15	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	47.9
	2	9	27	0	21	20	0	17	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	103.22
	3	8	3	0	9	8	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	29.64
	4	7	16	0	11	15	0	35	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	4	108.06
	5	6	13	0	16	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	37.98
	6	8	10	0	12	11	0	10	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	6	55.64
	7	7	7	1	15	12	0	9	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	7	57.31
	8	5	6	0	8	7	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	34.9
	9	15	19	0	23	16	0	38	1	0	1	0	0	3	0	0	0	3	0	0	9	146.45

Intervalo de Tiempo	FLUJO	Motos			Vehículos Ligeros				Bus			Camión			Trailers			Veh. Especiales				Total de Vehículos por Intervalo y Flujo	
		Motocicleta	Mototaxi/ motocarga	Cuatrimoto o triciclo	Auto	Camioneta Cerrada o	Minivan	Combi	Custer	2 ejes	3 a más ejes	Pequeño	2 ejes	3 ejes a mas	3 ejes	4 a más ejes	2 cuerpos	Camión Bombero	Ambulancia/ policía / Serenazgo	Grúa o Cisterna	Maquinaria Pesada	FLUJO	Total de Vehículos
17.00 - 17.15	1	13	16	1	15	8	0	7	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3	1	0	1	69.29
	2	10	20	0	24	18	0	15	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	96.3
	3	7	9	1	10	11	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	40.31
	4	8	21	0	21	15	0	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	126.14
	5	6	7	0	10	8	0	8	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	45.73
	6	10	19	0	7	7	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	48.55
	7	16	8	0	7	6	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	7	40.03
	8	9	10	0	4	11	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	45.47
	9	8	19	1	24	14	0	41	0	1	0	1	2	1	0	2	2	0	0	0	0	9	154.64
17.15 - 17.30	1	8	14	0	11	14	0	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	49.39
	2	14	22	0	23	14	0	10	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	83.37
	3	3	7	0	6	5	0	2	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	28.24
	4	8	16	0	15	11	0	24	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	94.14
	5	5	8	0	9	9	0	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	36.9
	6	6	10	0	11	9	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	40.73
	7	5	12	0	11	8	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	41.4
	8	4	5	0	4	5	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	22.32
	9	6	22	0	25	15	0	21	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	108.23
17.30 - 17.45	1	11	9	0	13	8	0	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	45.88
	2	13	18	0	18	12	0	9	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	75.29
	3	7	7	0	12	8	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	36.31
	4	9	10	0	16	14	0	20	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	85.47
	5	7	9	0	9	7	0	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	36.81
	6	9	17	0	12	10	0	10	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	6	64.22
	7	9	10	0	9	7	0	7	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	47.97
	8	5	5	0	9	3	0	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	29.65
	9	10	17	0	23	16	0	24	0	0	2	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	9	120.8
17.45 - 18.00	1	5	9	0	8	7	0	4	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	40.9
	2	12	23	0	24	20	0	8	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	91.71
	3	5	6	0	9	5	0	6	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	36.4
	4	6	15	0	17	12	0	23	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	93.98
	5	5	8	0	12	6	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	31.65
	6	7	7	0	6	7	0	6	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	39.56
	7	4	10	0	6	5	0	5	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	37.57
	8	5	7	0	7	6	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	23.4
	9	5	17	0	13	18	0	24	5	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	9	107.65

Intervalo de Tiempo	FLUJO	Motos			Vehículos Ligeros				Bus			Camión			Trailers			Veh. Especiales				Total de Vehículos por Intervalo y Flujo	
		Motocicleta	Mototaxi/ motocarga	Cuatrimoto o triciclo	Auto	Camioneta Cerrada o Minivan	Combi	Custer	2 ejes	3 a más ejes	Pequeño	2 ejes	3 ejes a mas	3 ejes	4 a más ejes	2 cuerpos	Camión Bombero	Ambulancia/ policía / Serenazgo	Grúa o Cisterna	Maquinaria Pesada	FLUJO	Total de Vehículos	
18.00 - 18.15	1	4	11	2	12	5	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	39.07	
	2	16	34	6	12	8	2	8	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	89.53	
	3	2	3	0	4	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	12.16	
	4	7	16	0	16	7	0	12	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	4	71.56	
	5	2	9	0	3	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	17.66	
	6	8	15	0	9	5	0	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	45.64	
	7	6	11	0	11	6	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	33.48	
	8	0	5	0	4	5	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	8	18.25	
	9	7	22	0	22	14	0	17	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	9	94.31	
18.15 - 18.30	1	6	22	0	13	6	0	2	0	0	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	55.73	
	2	20	43	0	34	19	0	18	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	140.35	
	3	7	8	0	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	17.31	
	4	10	14	0	11	4	0	8	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	48.55	
	5	3	12	0	5	4	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	25.49	
	6	5	20	0	14	8	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	57.65	
	7	7	13	0	15	6	0	4	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	47.81	
	8	1	10	0	7	4	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	26.58	
	9	10	23	0	20	11	0	17	0	1	1	3	1	0	0	2	0	0	0	0	9	106.55	
18.30 - 18.45	1	7	10	0	21	8	0	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	53.31	
	2	16	45	0	35	32	0	13	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	149.28	
	3	3	6	1	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	14.99	
	4	4	15	0	14	12	0	14	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	4	73.32	
	5	3	10	0	3	3	0	2	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5	26.99	
	6	4	25	0	19	2	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	68.32	
	7	6	12	0	8	8	0	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	37.48	
	8	4	7	0	6	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	17.32	
	9	9	29	0	26	13	0	19	0	0	1	4	0	0	0	1	0	0	0	0	9	118.97	
18.45 - 19.00	1	8	12	0	20	10	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	46.39	
	2	13	36	0	28	21	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	99.79	
	3	2	7	0	4	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	15.41	
	4	12	8	0	9	10	0	9	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	48.96	
	5	4	7	0	15	2	0	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	34.57	
	6	7	15	0	14	6	0	12	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	64.56	
	7	2	14	0	12	5	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	7	39.91	
	8	2	5	0	4	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	14.41	
	9	10	22	0	23	25	0	17	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	9	110.3	

Intervalo de Tiempo	FLUJO	Motos			Vehículos Ligeros				Bus			Camión			Trailers			Veh. Especiales				Total de Vehículos por Intervalo y Flujo	
		Motocicleta	Mototaxi/ motocarga	Cuatrimoto o triciclo	Auto	Camioneta Cerrada o	Minivan	Combi	Custer	2 ejes	3 a más ejes	Pequeño	2 ejes	3 ejes a mas	3 ejes	4 a más ejes	2 cuerpos	Camión Bombero	Ambulancia/ policía / Serenazgo	Grúa o Cisterna	Maquinaria Pesada	FLUJO	Total de Vehículos
19.00 - 19.15	1	5	18	0	23	10	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	56.9
	2	13	40	0	23	18	0	11	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	2	112.04
	3	4	8	0	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	18.32
	4	9	15	0	14	7	0	11	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	4	65.72
	5	1	12	0	6	3	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5	29.58
	6	7	15	0	6	9	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	51.56
	7	5	20	0	16	4	0	3	0	0	2	0	3	0	0	1	1	0	0	0	0	7	63.9
	8	1	15	0	6	4	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	28.83
	9	9	30	0	21	23	0	13	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	9	106.22
19.15 - 19.30	1	7	18	0	16	10	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	53.31
	2	13	40	0	25	20	0	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	104.04
	3	2	7	0	4	2	0	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	21.41
	4	3	14	0	12	8	0	10	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	57.24
	5	0	6	0	4	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	15.25
	6	6	11	0	8	5	0	13	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	6	56.23
	7	3	12	0	12	3	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	7	35.49
	8	2	10	0	5	1	0	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	24.41
	9	8	24	0	17	16	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	85.89
19.30 - 19.45	1	2	11	0	17	16	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	47.16
	2	8	40	0	40	19	0	6	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	119.39
	3	1	8	0	5	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	17.08
	4	3	9	0	17	6	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	46.99
	5	1	14	0	10	4	0	1	0	0	0	1	2	0	0	1	0	0	0	0	0	5	40.08
	6	1	12	0	8	1	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	37.08
	7	0	16	0	15	5	0	2	0	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	7	49.25
	8	3	5	0	11	6	0	4	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	34.99
	9	7	26	0	26	22	0	14	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	103.31
19.45 - 20.00	1	3	14	0	19	20	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	55.74
	2	8	43	0	51	21	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	131.64
	3	2	12	0	6	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	24.41
	4	4	9	0	18	7	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	49.32
	5	0	18	0	18	8	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	45.75
	6	1	13	0	10	2	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	42.83
	7	1	18	0	18	6	0	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	7	50.08
	8	2	7	0	16	10	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	37.16
	9	8	28	0	27	25	0	14	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	109.64

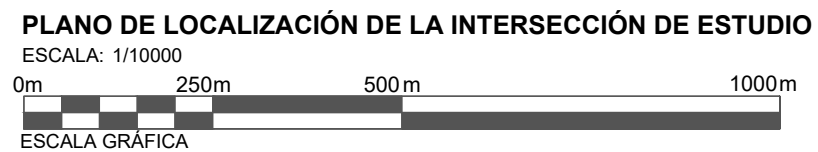
Tabla 50

Resumen de aforo vehicular en intervalos de 1 hora

Intervalo de Tiempo				Motos	Vehiculos Ligero	Bus	Camion	Trailes	Veh. Especiales																
FASE				Motocicleta	Mototaxi/ motocarga	Cuatrimoto o triciclo	Auto	Camioneta Cerrada o abierta	Minivan	Combi	Custer	2 ejes	3 a más ejes	Pequeño	2 ejes	3 ejes a mas	3 ejes	4 a m/as ejes	2 cuerpos	Camion Bombero	Ambulancia/ policia / Sernazgo	Grúa o Cisterna	Maquinaria Pesada		
6.00	-	7.00	Fase 1	153				172				2			9			0				0			
			Fase 2	210			190		5		11		0										0		
			Fase 3	117			220		7		17		6										2		
7.00	-	8.00	Fase 1	296			280		7		19				1			1				2			
			Fase 2	391			360		6		22		0						0				5		
			Fase 3	232			328		3		27		4										0		
8.00	-	9.00	Fase 1	331			323		4		16				1			1				1			
			Fase 2	316			282		8		23		0						0				5		
			Fase 3	265			367		9		28		10										4		
9.00	-	10.00	Fase 1	288			324		12		16				1			1				3			
			Fase 2	315			269		22		18		1						1				1		
			Fase 3	263			343		13		17		4										4		
10.00	-	11.00	Fase 1	289			326		13		15				0			0				3			
			Fase 2	303			307		8		15		1						1				0		
			Fase 3	238			378		14		17		10										4		
11.00	-	12.00	Fase 1	202			253		10		22				6			6				0			
			Fase 2	195			251		7		17		0						0				0		
			Fase 3	201			295		13		15		5										1		
12.00	-	13.00	Fase 1	247			331		2		19				2			2				1			
			Fase 2	281			285		5		23		1						1				1		
			Fase 3	228			312		2		28		4										1		
13.00	-	14.00	Fase 1	257			302		1		13				2			2				1			
			Fase 2	311			337		1		16		0						0				3		
			Fase 3	237			345		3		24		9										0		
14.00	-	15.00	Fase 1	242			329		11		8				5			5				1			
			Fase 2	326			297		11		8		1						1				6		
			Fase 3	216			354		11		14		4										3		
15.00	-	16.00	Fase 1	206			260		15		16				0			0				1			
			Fase 2	198			234		14		9		2						2				1		
			Fase 3	173			273		19		18		3										0		
16.00	-	17.00	Fase 1	219			390		1		11				2			2				0			
			Fase 2	230			335		3		11		0						0				0		
			Fase 3	233			408		3		16		4										3		
17.00	-	18.00	Fase 1	253			411		14		11				0			0				6			
			Fase 2	237			350		9		6		0						0				1		
			Fase 3	242			437		15		18		5										0		
18.00	-	19.00	Fase 1	239			309		17		5				1			1				2			
			Fase 2	313			320		15		3		0						0				0		
			Fase 3	270			367		10		10		4										0		
19.00	-	20.00	Fase 1	219			350		4		15				3			3				0			
			Fase 2	302			378		4		13		1						1				0		
			Fase 3	250			362		2		7		0										0		

ANEXO 2: PLANOS DE UBICACIÓN

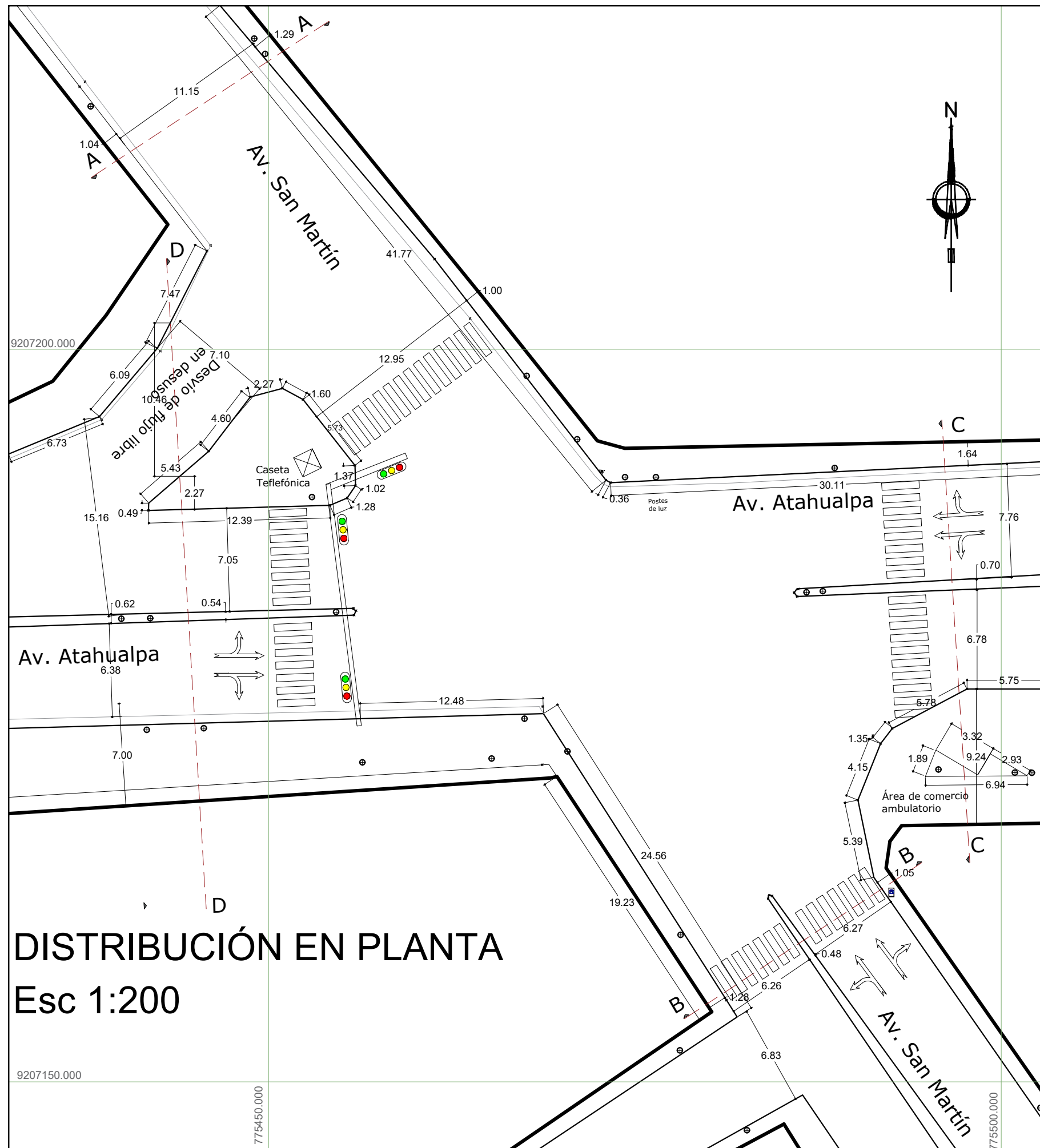
ANEXO 3: PLANOS EN PLANTA Y SECCIONES



U-01

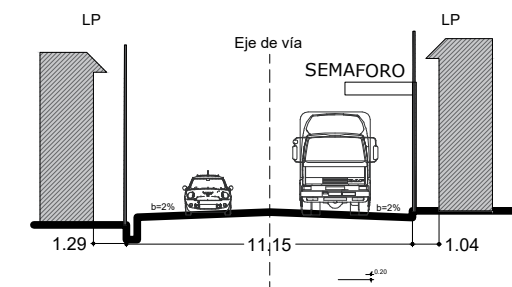


Coordenadas UTM - WGS84	
Este (m)	775472.4063
Norte (m)	9207182.249
Coordenadas Geográficas	
Longitud	-78° 9' 56.62" (S)
Latitud	-7° 30' 20.92" (W)

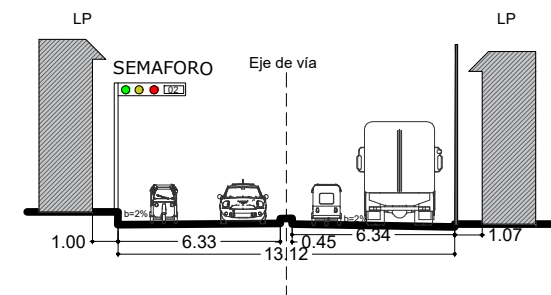


DISTRIBUCIÓN EN PLANTA
Esc 1:200

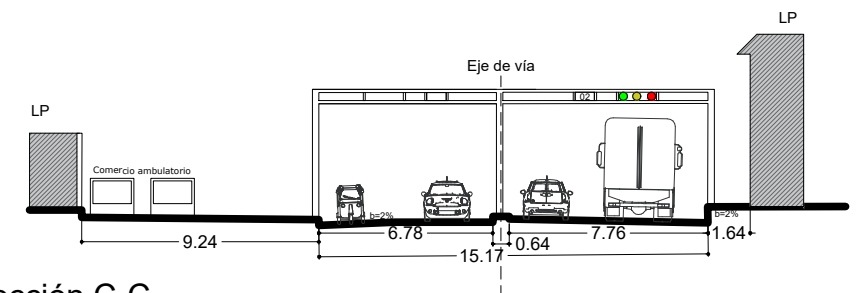
SECCIONES DE VIA



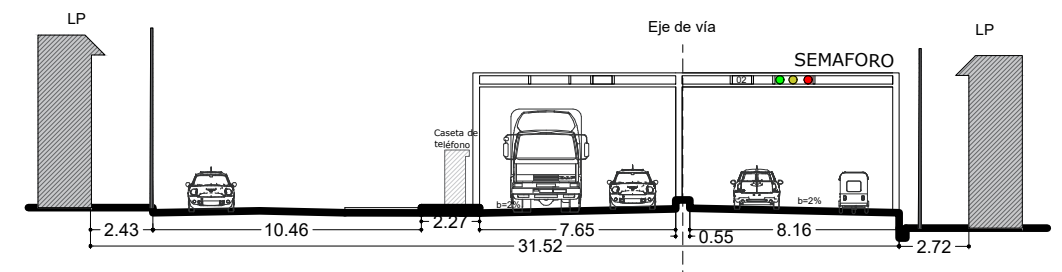
Sección A-A
Esc 1:200



Sección B-B
Esc 1:200



Sección C-C
Esc 1:200



Sección D-D
Esc 1:200

PLANO: DISTRIBUCIÓN EN PLANTA Y SECCIONES DE VIA EN ESTUDIO
TESIS: Propuesta de un ciclo semafórico de duración variable para reducir el grado de saturación de la intersección del Jr. Atahualpa y la Av. San Martín, de la ciudad de Cajamarca.
TESISTA: Bach. Ing. Civil Arcad Roque Julca

CLAVE:
A-01

