UNIVERSIDAD
SAN IGNACIO
DE LOYOLA

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**Carrera de Ingeniería Civil**

# EVALUACIÓN Y MEJORA DE TRES INTERSECCIONES DE LA AVENIDA CANADÁ UTILIZANDO HERRAMIENTA DE MICROSIMULACIÓN DE TRÁFICO

**Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil**

**LUIS ALBERTO SANCHEZ CRUZ**

**Asesor:**
**Dr. Alex Manuel Sánchez Navarro**

**Lima - Perú**
**2019**

# Dedicatoria

A **mis padres**, Nemesio Sánchez e Ignacia Cruz, por ser las personas más importantes en mi vida, por haberme inculcado valores, por haberme educado con mucho sacrificio, por representar espíritu de lucha, sacrificio, trabajo y coraje. A mis hermanos, por haberme apoyado a lo largo de mi formación profesional.

# Agradecimiento

A **Dios**, por ser mi guía y fortaleza en momentos difíciles que me tocó vivir, por darme tantas alegrías, por bendecirme con cada nuevo amanecer y por darme la oportunidad de culminar mi carrera profesional y la presente tesis.

A **mis padres**, por todo el esfuerzo que hicieron por educarme, guiarme en el camino correcto y convertirme a una mejor persona, estaré eternamente agradecido con ellos. A mi pareja Joselin Agama, a mi hija Brittany y a cada uno de mis hermanos por todo el apoyo brindado durante el desarrollo de este proyecto.

A **mi asesor** de tesis, Dr. Alex M. Sánchez Navarro por aceptar ser mi guía en este proceso de elaboración de tesis, bajo su dirección, su confianza y su capacidad para encaminar mis ideas, ha sido un apoyo indispensable para la presente tesis, además, por haber recibido en sus aulas, un legado ingenieril durante mi vida universitaria.

A **mis Docentes** y la **Plana Directiva**, a cada uno de los profesionales que forman parte de la Facultad de Ingeniería Civil, por esforzarse en formar los mejores profesionales, a cada uno de los docentes del más alto nivel, quienes me educaron, transmitieron sus conocimientos y compartieron sus experiencias.

A **mis compañeros**, quienes han formado parte de mi vida universitaria, con quienes he compartido momentos agradables dentro y fuera de las aulas.

# Resumen

En la presente tesis se realizará el estudio de microsimulación de tráfico de 3 intersecciones de la av. Canadá, con la finalidad de identificar las condiciones actuales de circulación. para ello se realiza la construcción del modelo en Vissim 10 que consta de la recolección y procesamiento de los datos de campo (flujo vehicular y peatonal, condiciones geométricas de la vía, etc.), la codificación de la red mediante el software y su posterior verificación de los datos ingresados; la calibración del modelo para logar la representación de las condiciones reales de circulación en la Ciudad de Lima.

El Capítulo 1, presenta la formulación de la problemática, justificación; también, el norte a seguir en base a un objetivo general y otros específicos, definir las hipótesis y finalmente la metodología empleada para el desarrollo de la tesis, donde se precisa el tipo y diseño de investigación; así como, las variables, muestras, instrumentos de investigación y procedimientos de recolección de datos que permitirán obtener los resultados del estudio. De la misma manera, el Capítulo 2 abarca todo lo concerniente al marco referencial que precisa los antecedentes y el respectivo marco teórico requerido para el desarrollo de este proyecto, en este caso referido a revisión de documentación e información bibliográfica relacionada con la micro simulación y mejoras del sistema de transporte urbano.

En el Capítulo 3, se desarrolla los fundamentos del software utilizado, en el Capítulo 4 se realiza todo el proceso de la microsimulación empezando desde la recolección de data hasta la obtención del reporte con los parámetros de efectividad de la situación existente, observando que las intersecciones evaluadas se encuentran en condiciones saturas y con niveles de servicio altos, en el Capítulo 5 se presentan 3 propuestas de mejoras, las cuales fueron modeladas de manera microscópica en el Software Vissim. Finalmente, en el capítulo 6 se presenta la evaluación y análisis de resultados y en el Capítulo 7 se presentan las conclusiones y recomendaciones.

Además, se incluye el aproximado de los recursos humanos, económicos, tecnológicos, infraestructura y presupuesto necesarios para cumplir con el propósito del presente proyecto de investigación en la especialidad de Infraestructura Vial, Tráfico y Pavimentos; específicamente en el estudio tráfico y micro simulación de las intersecciones de la Avenida Canadá con las Avenidas Aviación, San Luis y de la Arqueología en el Distrito de San Luis, Lima. Por último, se incluye la referencia bibliográfica que se ha consultado para dar soporte teórico en la presente investigación.

# Abstrac

In the present thesis the study of traffic microsimulation of 3 intersections of the Canadá Avenue, in order to identify the current conditions of circulation. For this, the construction of the model in Vissim 10 is carried out, consisting of the collection and processing of the field data (vehicular and pedestrian flow, geometric conditions of the road, etc.), the coding of the network through the software and its subsequent verification of the data entered; the calibration of the model to obtain the representation of the real conditions of circulation in Lima City.

Chapter 1 presents the formulation of the problem, justification; also, the north to follow based on a general and other specific objectives, define the hypotheses and finally the methodology used for the development of the thesis, where the type and design of the research is required; as well as the variables, samples, research instruments and data collection procedures that will allow obtaining the results of the study. In the same way, Chapter 2 covers everything concerning the referential framework that requires the background and the respective theoretical framework required for the development of this project, in this case referred to review of documentation and bibliographic information related to micro simulation and improvements of the urban transport system.

In Chapter 3, the fundamentals of the software used are developed. In Chapter 4, the entire process of microsimulation is carried out, starting from data collection to obtaining the report with the parameters of effectiveness of the existing situation, observing that the intersections evaluated are in saturated conditions and with high service levels, Chapter 5 presents 3 improvement proposals, which were modeled microscopically in the Vissim Software. Finally, Chapter 6 presents the evaluation and analysis of results and Chapter 7 presents the conclusions and recommendations.

In addition, it includes the approximate human, economic, technological resources, infrastructure and budget necessary to fulfill the purpose of this research project in the specialty of Road Infrastructure, Traffic and Pavements; specifically, in the study traffic and micro simulation of the intersections of Canadá Avenue with Avenues Aviación, San Luis and De la Arqueología in the District of San Luis, Lima. Finally, the bibliographic reference that has been consulted to give theoretical support in the present investigation is included.

# Índice de Contenidos


*1 Capítulo 1: Introducción ..... 1*

**1.1 Planteamiento de Investigación ..... 1**

1.1.1 Planteamiento del Problema. ..... 1

1.1.2 Formulación del Problema. ..... 4

1.1.2.1 Problema General. ..... 4

1.1.2.2 Problemas Específicos. ..... 4

1.1.3 Justificación de la Investigación. ..... 5

**1.2 Objetivos ..... 9**

1.2.1 Objetivo General. ..... 9

1.2.2 Objetivos Específicos. ..... 9

**1.3 Hipótesis ..... 10**

1.3.1 Hipótesis principal. ..... 10

1.3.2 Hipótesis Específicas. ..... 10

**1.4 Metodología ..... 10**

*2 Capítulo 2: Marco Referencial ..... 12*

**2.1 Antecedentes ..... 12**

2.1.1 Internacionales. ..... 12

2.1.2 Nacionales. ..... 20

**2.2 Marco Teórico ..... 23**

2.2.1 Modelo y Sistema. ..... 23

2.2.2 Modelación de Tráfico. ..... 24

2.2.2.1 Tipos de Modelación de Tráfico. ..... 24

2.2.3 Microsimulación de Tráfico. ..... 27

2.2.4 Fundamentos de la Microsimulación. ..... 27

2.2.4.1 Nivel de Aleatoriedad en el Flujo de Tráfico. ..... 27

2.2.4.2 Número de Semillas. ..... 28

2.2.4.3 Número de Corridas. ..... 28

2.2.4.4 Tiempo de Estabilidad (Warm Up). ..... 30

2.2.4.5 Interacción Vehicular. ..... 31

2.2.4.6 Calibración del Modelo. ..... 31

2.2.4.7 Validación del Modelo. ..... 31

2.2.5 Modelos de Seguimiento Vehicular (Car Following). ..... 32

2.2.5.1 Modelo de la General Motor. ..... 32

2.2.5.2 Modelo de Gipps (Distancia Segura). ..... 32

2.2.5.3 Modelo de Wiedeman. ..... 34

2.2.6 Modelos de Cambio de Carril. ..... 35

2.2.7 Microsimulación Peatonal. ..... 36

2.2.8 Intersecciones Viales. ..... 37

2.2.9 Estudio de Tráfico. ..... 38

2.2.9.1 Estudio de Volúmenes. ..... 38

2.2.9.2 Capacidad Vial. ..... 38

2.2.9.3 Densidad. ..... 38

2.2.9.4 Nivel de Servicio. ..... 38

*3 Capítulo 3: Software PTV Vissim 10.0 ..... 40*

**3.1 Introducción ..... 40**

**3.2 Antecedentes de Vissim ..... 40**

**3.3 Mecanismo de Funcionamiento ..... 40**

**3.4 Componentes ..... 41**

3.4.1 Componente Estático. ..... 41

3.4.2 Componente Dinámico. ..... 42

**3.5 Infraestructura del Modelo ..... 42**

3.5.1 Link y Conectores. ..... 43

3.5.2 Otros Elementos de la Modelación. ..... 43

**3.6 Control de Tráfico ..... 44**

3.6.1 Intersecciones Semaforizadas. ..... 44

3.6.2 Intersecciones no Semaforizadas. ..... 44

**3.7 Consideración del Modelo ..... 45**

***4 Capítulo 4: Microsimulación de Tráfico de la Intersección de la Avenida Canadá con las Avenidas Aviación, San Luis y De la Arqueología en el Distrito de San Luis, Lima ..... 46***

**4.1 Generalidad ..... 46**

**4.2 Obtención de Data de Campo ..... 46**

4.2.1 Metodología. ..... 46

4.2.2 Selección de las Intersecciones de Análisis. ..... 47

4.2.3 Selección del Equipo de Trabajo y Registro de Data de Campo. ..... 48

4.2.4 Recolección de Datos de Campo. ..... 48

4.2.4.1 Videograbaciones. ..... 48

4.2.4.2 Aforo Vehicular. ..... 49

4.2.4.3 Aforo Peatonal. ..... 50

4.2.4.4 Transporte Público ..... 51

4.2.4.5 Tiempos Semafóricos. ..... 51

4.2.4.6 Geometría del Sistema. ..... 51

**4.3 Procesamiento de Datos de Campo ..... 51**

4.3.1.1 Videograbaciones. ..... 51

4.3.1.2 Aforo Vehicular. ..... 51

4.3.1.3 Aforo Peatonal. ..... 56

4.3.1.4 Transporte Público. ..... 58

4.3.1.5 Tiempos Semafóricos. ..... 59

4.3.1.6 Geometría del Sistema. ..... 61

**4.4 Deficiencias Encontradas en la Situación Actual ..... 61**

**4.5 Construcción del Modelo, Calibración y Validación del Proyecto ..... 62**

4.5.1 Construcción del Modelo. ..... 62

4.5.1.1 Imagen de Fondo (Background). ..... 62

4.5.1.2 Link y Conectores. ..... 62

4.5.1.3 Composición Vehicular y Peatonal. ..... 63

4.5.1.4 Datos de Entrada. ..... 64

4.5.1.5 Semaforización (Signal Control). ..... 65

4.5.1.6 Reglas de Prioridad (Priority Rules). ..... 66

4.5.1.7 Zona de Reducción de Velocidad (Reduce Speed Area). ..... 67

4.5.1.8 Transporte Público. ..... 68

4.5.1.9 Particularidades de la Modelación. ... 69
4.5.2 Calibración del Modelo. ... 70
4.5.3 Validación del Modelo. ... 71
4.5.4 Resultados de la Modelación de la Situación Existente. ... 71
4.5.4.1 Reporte de Parámetros de Efectividad. ... 71

*5 Capítulo 5: Propuestas de Mejora ... 78*

**5.1 Propuesta 1: Mejora en el Sistema de Semaforización ... 78**
5.1.1 Resultados de la Modelación de la Propuesta 1. ... 86

**5.2 Propuesta 2: Mejora Global (Geometría, Semaforización, Señalización, etc.) ... 88**
5.2.1 Operación y Control de Tránsito. ... 88
5.2.2 Geometría. ... 93
5.2.3 Señalización. ... 96
5.2.4 Paradero de Buses de Transporte Público. ... 97
5.2.5 Resultados de la Modelación de la Propuesta 2. ... 99

**5.3 Propuesta 3: Mejora con implementación de Semaforización Inteligente ... 102**
5.3.1 Resultados de la Modelación de la Propuesta 3. ... 104

*6 Capítulo 6: Evaluación y Análisis de Resultados ... 107*

**6.1 Comparación de Resultados ... 107**
6.1.1 Longitud Promedio de Cola (metros). ... 107
6.1.2 Número de Paradas Vehiculares. ... 108
6.1.3 Demoras Vehiculares. ... 109
6.1.4 Niveles de Servicio. ... 110
6.1.5 Tiempo de Viaje. ... 111
6.1.6 Velocidad de Viaje. ... 112

**6.2 Evaluación Económica ... 113**
6.2.1 Determinación del Valor Social del Tiempo. ... 114
6.2.2 Determinación del Beneficio ... 115

*7 Capítulo 7: Conclusiones y Recomendaciones ... 117*

**7.1 Conclusiones ... 117**

**7.2 Recomendaciones ... 119**

*8 REFERENCIAS ... 122*

*9 ANEXO ... 126*

# Índice de Figuras


Figura 1. Parque vehicular por Departamento ..... 2

Figura 2. Problemas que afectan la Calidad de Vida en Lima Metropolitana y Callao - 2017 ..... 3

Figura 3. Intersecciones Seleccionadas para la Evaluación en el Distrito de San Luis, Lima ..... 5

Figura 4. Modelación de un Sistema de Transporte Multimodal ..... 7

Figura 5. Diagrama Espacio – tiempo del Caso de Frenado ..... 14

Figura 6. Longitud de cola en metros – intersección Bomba de Gallo y Amparo ..... 15

Figura 7. Longitud máxima de cola para situación futura – intersección Bomba de Gallo y Amparo ..... 15

Figura 8. Longitud de cola para 20 años vs alternativa de solución – intersección Bomba de Gallo y Amparo ..... 15

Figura 9. Evaluación de la Potencialidad de Modelos ..... 17

Figura 10. Comparación de rango de velocidades Modelo vs. Datos de campo ..... 18

Figura 11. Comparación de parámetros de aceleración del Modelo vs. Datos de campo ..... 18

Figura 12. Resumen de Brechas analizadas ..... 19

Figura 13. Circulación de vehículos y peatones dentro de la intersección ..... 20

Figura 14. Comparación de Longitud de Colas Actual vs. Propuesta 1 ..... 21

Figura 15. Comparación de Longitud de Colas Actual vs. Propuesta 2 ..... 21

Figura 16. Diagrama de validación vehicular ..... 22

Figura 17. Comparación de longitud de cola ..... 22

Figura 18. Tipos de Modelos ..... 24

Figura 19. Principales Estrategias de Simulación del Trafico ..... 27

Figura 20. Procedimiento para determinar el número de corridas ..... 30

Figura 21. Ejemplo del tiempo de estabilización del modelo “warm up” ..... 31

Figura 22. Modelo Gipps ..... 33

Figura 23. Modelo de la lógica de seguimiento vehicular de Wiedemann ..... 35

Figura 24. Cambio de carril obligatorio o necesario ..... 36

Figura 25. Cambio de carril libre ..... 36

Figura 26. Modelo de fuerza social ..... 37

Figura 27. Interpretación gráfica de los niveles de servicio en una vía ..... 39

Figura 28. Componente estático del modelo, giros y movimientos en una intersección ..... 42

Figura 29. Links y conectores del modelo ..... 43

Figura 30. Modelación de una intersección semaforizada .....44
Figura 31. Modelación de una intersección semaforizada .....45
Figura 32. Videocámara utilizada. .....49
Figura 33. Instalación de cámaras. .....49
Figura 34. Aforo direccional en campo con el uso de contómetros. .....49
Figura 35. Ubicación de aforos vehiculares direccionales .....52
Figura 36. Aforos vehiculares direccionales – día de semana (sumatoria) .....52
Figura 37. Aforos vehiculares direccionales – fin de semana (sumatoria) .....53
Figura 38. Volumen vehicular por intersección .....54
Figura 39. Volumen vehicular total del sistema vial .....54
Figura 40. Volumen vehicular - día de semana en horario AM .....55
Figura 41. Volumen vehicular - día de semana en horario PM .....55
Figura 42. Balanceo de Volumen Vehicular .....56
Figura 43. Volumen peatonal total del sistema vial .....57
Figura 44. Volumen peatonal - día de semana en horario AM .....58
Figura 45. Volumen peatonal - día de semana en horario PM .....58
Figura 46. Operación semafórica existente en la intersección de la Av. Canadá & Av. Aviación (ciclo: 180 seg). .....60
Figura 47. Operación semafórica existente en la intersección de la Av. Canadá & Av. De la Arqueología (ciclo: 180 seg). .....60
Figura 48. Operación semafórica existente en la intersección de la Av. Canadá & Av. San Luis (ciclo: 180 seg). .....61
Figura 49. Clasificación de la red vial de la Av. Canadá .....61
Figura 50. Background utilizado (mapa georreferenciado del programa) .....62
Figura 51. Incorporación de carriles mediante los links .....63
Figura 52. Composición vehicular y peatonal .....64
Figura 53. Asignación de rutas de decisión para el ingreso Oeste de la primera intersección .....65
Figura 54. Tiempo semafórico, fases semafórico y grupo de semáforos .....66
Figura 55. Áreas de conflicto en la modelación .....67
Figura 56. Reglas de prioridad en la modelación .....67
Figura 57. Zonas de reducción de velocidad en la modelación .....68
Figura 58. Ubicación de paraderos formales e informales en la modelación .....68
Figura 59. Rutas de decisión para buses de transporte público .....69
Figura 60. Particularidad 1: Carril derecho de la Av. Canadá bloqueado .....69
Figura 61. Particularidad 2: Balanceo de volúmenes vehiculares en horario AM .....70

Figura 62. Demoras vehiculares por acceso en la Intersección Av. Canadá & Av. Aviación ……..74
Figura 63. Demoras vehiculares por acceso en la Intersección Av. Canadá & Av. San Luis ……..74
Figura 64. Demoras vehiculares por acceso en la Intersección Av. Canadá & Av. De la Arqueología ……75
Figura 65. Fases semafóricas optimizadas para el horario AM (Ciclo semafórico: 100 segundos) ……..…….79
Figura 66. Fases semafóricas optimizadas para el horario PM (Ciclo semafórico: 90 segundos) ……..79
Figura 67. Coordinación de semáforos de las intersecciones en horario AM .....80
Figura 68. Coordinación de semáforos de las intersecciones en horario PM .....81
Figura 69. Tiempo de viaje promedio con tiempos de ciclo de 100, 120, 180 y 200 segundo para la Propuesta 1 – Horario AM .....82
Figura 70. Tiempo de viaje promedio con tiempos de ciclo de 90, 120, 180 y 200 segundo – Horario PM .....83
Figura 71. Diagrama Nema de fases semafóricas de la Intersección Av. Canadá & Av. Aviación – Propuesta 1 .....84
Figura 72. Diagrama Nema de fases semafóricas de la Intersección Av. Canadá & Av. De la Arqueología – Propuesta 1 .....85
Figura 73. Diagrama Nema de fases semafóricas de la Intersección Av. Canadá & Av. San Luis – Propuesta 1.....86
Figura 74. Tiempo de viaje promedio con tiempos de ciclo de 100, 120, 150 y 180 segundo para la Propuesta 2 – Horario AM .....89
Figura 75. Tiempo de viaje promedio con tiempos de ciclo de 100, 120, 150 y 180 segundo para la Propuesta 2 – Horario PM .....90
Figura 76. Diagrama Nema de fases semafóricas de la intersección Av. Canadá & Av. Aviación – Propuesta 2 .....91
Figura 77. Diagrama Nema de fases semafóricas de la intersección Av. Canadá & Av. De la Arqueología – Propuesta 2 .....92
Figura 78. Diagrama Nema de fases semafóricas de la intersección Av. Canadá & Av. San Luis– Propuesta 2.....93
Figura 79. Giro izquierdo “amarrado” y “tangencial”.....94
Figura 80. Diseño deficiente de rampas peatonales existentes .....95
Figura 81. Diseño propuesto de rampas peatonales.....95
Figura 82. Señal Vertical R-5-1 “Señal de carril exclusivo de giro a la izquierda”.....97
Figura 83. Demarcación para paraderos de buses .....98
Figura 84. Configuración de semaforización inteligente – signal controler en Vissim.103
Figura 85. Ubicación de detectores en Vissim – intersección Av. Canadá & Av. San Luis ……103

Figura 86. Esquema del semáforo inteligente utilizando red de sensores inalámbricos ……104
Figura 87. Evaluación comparativa de longitud promedio de colas.....107
Figura 88. Evaluación comparativa del número de paradas .....109
Figura 89. Evaluación comparativa de demoras .....109
Figura 90. Evaluación comparativa de niveles de servicio .....110
Figura 91. Evaluación comparativa del tiempo de viaje en la Av. Canadá .....111
Figura 92. Evaluación comparativa de la velocidad de viaje en la Av. Canadá .....112

# Índice de Tablas

Tabla 1. Situaciones (áreas) empleadas en el modelo de Wiedemann .....34
Tabla 2. Detalle de Niveles de Servicio.....39
Tabla 3. Formato de aforo vehicular.....49
Tabla 4. Formato de flujograma vehicular .....50
Tabla 5. Formato de aforo peatonal .....50
Tabla 6. Volumen vehicular total del sistema vial .....54
Tabla 7. Volumen peatonal total del sistema vial.....57
Tabla 8. Rutas de transporte público de la Av. Canadá.....59
Tabla 9. Información necesaria para la creación de los links.....63
Tabla 10. Composición vehicular y peatonal para la Av. Canadá. .....64
Tabla 11. Asignación de rutas de decisión para el ingreso Oeste de la Av. Canadá...65
Tabla 12. Resultados Operacionales – Condiciones Existentes 2018– AM .....72
Tabla 13. Resultados Operacionales – Condiciones Existentes 2018 – PM .....73
Tabla 14. Velocidad Promedio de Viaje – Condiciones Existentes 2018 .....73

Tabla 15. Tiempo de viaje con diferentes ciclos semafóricos para la Propuesta 1 – Horario AM ……..82
Tabla 16. Tiempo de viaje con diferentes ciclos semafóricos – Horario PM.....83
Tabla 17. Resultados Operacionales – Propuesta 1 (AM) .....87
Tabla 18. Resultados Operacionales – Propuesta 1 (PM) .....88
Tabla 19. Velocidad Promedio de Viaje – Propuesta 1.....88
Tabla 20. Tiempo de viaje con diferentes ciclos semafóricos para la Propuesta 2 – Horario AM ……..89
Tabla 21. Tiempo de viaje con diferentes ciclos semafóricos para la Propuesta 2 – Horario PM ……..90
Tabla 22. Resultados Operacionales – Propuesta 2 (Horario AM).....100
Tabla 23. Resultados Operacionales – Propuesta 2 (Horario PM).....101
Tabla 24. Velocidad Promedio de Viaje – Propuesta 2.....101
Tabla 25. Resultados Operacionales – Propuesta 3 (Horario AM).....105
Tabla 26. Resultados Operacionales – Propuesta 3 (Horario PM).....106
Tabla 27. Velocidad Promedio de Viaje – Propuesta 3.....106
Tabla 28. Costos de la implementación de las diferentes propuestas.....113
Tabla 29. Cálculo del Valor Social del Tiempo (HH) .....115
Tabla 30. Diferencia de demoras por cada ciclo semafórico.....115
Tabla 31. Horas ahorradas en un año por cada persona usuaria de la red vial evaluada ……115
Tabla 32. Beneficio de las Propuesta 1 y 2 durante su vida útil .....116

# “EVALUACIÓN Y MEJORA DE TRES INTERSECCIONES DE LA AVENIDA CANADÁ UTILIZANDO HERRAMIENTA DE MICROSIMULACIÓN DE TRÁFICO”

# Capítulo 1: Introducción

## 1.1 Planteamiento de Investigación

### 1.1.1 Planteamiento del Problema.

El parque automotor a nivel nacional se ha incrementado de manera exponencial, en los últimos 10 años el crecimiento del parque automotor peruano fue de 58%. El *Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI*) indica que el parque automotor nacional en el año 2018 fue de 3'617,907 mostrando un crecimiento vehicular del 23% en relación al año anterior 2017 que se contabilizaba un total de 2'768,761 vehículos. Por otro lado, el *Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI*) en conjunto con PROVIAS Nacional, mediante su Unidad de Peaje realizaron el informe técnico N° 3 denominado "Flujo Vehicular por Unidad de Peaje", a marzo del 2018, determinó que el flujo vehicular en el Perú es 6'295,917 (Motta, 2018). Además, para el año 2017, Lima ocupaba el 68% del parque automotor nacional, este incremento genera congestión, demoras, accidentes, entre otros problemas. Por su parte, la Gerencia de Transporte Urbano GTU (2010) indica que el incremento del parque automotor de debe al incremento del poder adquisitivo de las personas, más acceso al crédito, reducción de precios de venta, incremento de venta de vehiculos usados, crecimiento de la población y a la escasa aplicación de políticas estructuradas de transporte ubano.

Lima es el departamento más afectado con este crecimiento, el *Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI* mediante datos proporcionados por la *Superintendencia Nacional de los Registros públicos* contabilizó 2'462,321 vehículos al año 2017, el cual se interpreta como 170 vehículos por cada 1000 habitantes. De acuerdo a estudios, los habitantes de Lima Metropolitana pasan en promedio 3 horas diarias en el transporte público, siendo este el modo de transporte más utilizado. Según la *Encuesta de Recolección de Información Básica del Transporte Urbano en el Área Metropolitana de Lima y Callao*[1], elaborado por la *Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA*) bajo encargo del *Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC muestra* la distribución de viajes, en el cual el 51% representa el viaje en medios de transporte que involucra buses, corredores, colectivos, combis, metro, etc., seguido de los viajes a pie y bicicleta 25% y, los viajes individuales que se movilizan en auto y/o taxi con 18%. El resto de viajes se realiza en otros modos como moto lineal, moto taxi, etc. con un 6%. Esta situación ha generado problemas como el congestionamiento vehicular en las principales vías de la ciudad de Lima que es caracterizad por tener un flujo vehicular

[1] Estudio que forma parte de Plan Maestro del Transporte Urbano para el Área de Lima Metropolitana – Callao en la República del Perú.

muy lento, diseños semafóricos simples en las intersecciones, señales de tránsito deficientes, entre otros. Por lo tanto, surge la necesidad de comprender la importancia de un correcto estudio de tráfico previo a los diseños viales o mejoras en la infraestructura vial, así como los sistemas de gestión de transporte de tal manera que las vías puedan soportar la demanda vehicular y mejorar los niveles de servicio.

En la Figura 1 se observa el parque automotor por departamento, donde claramente Lima resulta ser la ciudad con mayor número de vehículos, seguido por Arequipa y La Libertad.

| Departamento | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Total** | **1 162 859** | **1 209 006** | **1 248 512** | **1 342 288** | **1 361 403** | **1 440 017** | **1 473 530** | **1 534 303** | **1 640 970** | **1 732 834** | **1 849 690** | **1 979 865** | **2 137 837** | **2 223 092** | **2 423 696** | **2 544 133** | **2 768 761** | **3 617 907** |
| Amazonas | 1 287 | 1 590 | 1 801 | 1 900 | 1 975 | 2 020 | 2 103 | 2 168 | 2 218 | 2 292 | 2 390 | 2 407 | 2 400 | 2 351 | 2 314 | 2 275 | 2 355 | 3 002 |
| Áncash | 17 759 | 18 980 | 19 065 | 19 055 | 19 293 | 19 382 | 19 757 | 20 354 | 21 001 | 21 309 | 22 086 | 23 322 | 25 418 | 26 786 | 29 573 | 31 213 | 33 955 | 47 949 |
| Apurímac | 2 490 | 2 946 | 3 167 | 3 608 | 3 730 | 3 816 | 3 879 | 3 916 | 3 934 | 3 973 | 3 969 | 3 966 | 4 039 | 4 048 | 4 139 | 4 192 | 4 387 | 4 968 |
| Arequipa | 68 997 | 72 885 | 76 267 | 78 162 | 78 858 | 79 544 | 81 293 | 84 829 | 91 674 | 98 270 | 106 521 | 118 985 | 134 533 | 143 914 | 164 302 | 176 315 | 195 257 | 260 426 |
| Ayacucho | 3 367 | 3 770 | 3 804 | 3 832 | 3 882 | 3 919 | 3 969 | 4 153 | 5 404 | 5 572 | 5 716 | 5 784 | 5 941 | 5 950 | 6 021 | 6 022 | 6 325 | 7 483 |
| Cajamarca | 6 541 | 7 368 | 7 905 | 8 365 | 8 882 | 9 501 | 10 256 | 11 255 | 12 383 | 13 563 | 15 107 | 17 320 | 19 673 | 20 849 | 22 664 | 23 740 | 26 083 | 33 945 |
| Cusco | 29 251 | 32 412 | 33 603 | 34 993 | 35 342 | 35 705 | 36 204 | 37 592 | 39 688 | 42 175 | 45 090 | 48 491 | 53 675 | 57 222 | 64 820 | 69 213 | 76 840 | 98 134 |
| Huancavelica | 829 | 911 | 1 028 | 1 036 | 1 043 | 1 061 | 1 080 | 1 103 | 1 216 | 1 291 | 1 319 | 1 317 | 1 323 | 1 298 | 1 315 | 1 286 | 1 326 | 1 670 |
| Huánuco | 10 519 | 10 818 | 10 795 | 11 088 | 10 968 | 10 886 | 10 836 | 10 892 | 11 255 | 11 382 | 11 864 | 12 576 | 13 476 | 13 899 | 14 911 | 15 648 | 17 115 | 25 020 |
| Ica | 21 052 | 21 837 | 22 290 | 22 614 | 22 692 | 22 753 | 22 834 | 23 170 | 25 498 | 25 691 | 26 135 | 26 419 | 26 551 | 26 305 | 26 439 | 26 715 | 28 334 | 37 939 |
| Junín | 41 164 | 42 553 | 43 272 | 43 488 | 43 468 | 43 648 | 44 454 | 46 091 | 47 769 | 49 404 | 51 094 | 53 118 | 56 237 | 57 762 | 61 933 | 64 576 | 69 889 | 103 132 |
| La Libertad | 38 856 | 40 119 | 41 312 | 98 217 | 97 590 | 153 777 | 152 847 | 153 251 | 155 411 | 156 646 | 158 672 | 162 026 | 167 325 | 170 255 | 178 433 | 183 931 | 195 771 | 146 999 |
| Lambayeque | 35 126 | 36 245 | 37 266 | 37 739 | 37 967 | 38 263 | 38 744 | 39 930 | 41 920 | 43 689 | 45 881 | 49 440 | 53 902 | 56 412 | 61 896 | 65 160 | 71 036 | 98 025 |
| Lima 1/ | 776 820 | 802 748 | 829 214 | 851 360 | 866 881 | 885 636 | 912 763 | 957 368 | 1 036 850 | 1 106 444 | 1 195 353 | 1 287 454 | 1 395 576 | 1 453 028 | 1 590 755 | 1 674 145 | 1 825 664 | 2 462 321 |
| Loreto | 5 442 | 5 510 | 5 477 | 5 413 | 5 336 | 5 286 | 5 215 | 5 154 | 5 132 | 5 089 | 5 089 | 5 211 | 5 313 | 5 372 | 5 533 | 5 501 | 5 707 | 8 564 |
| Madre de Dios | 604 | 630 | 695 | 806 | 823 | 819 | 827 | 870 | 913 | 941 | 986 | 1 027 | 1 062 | 1 099 | 1 136 | 1 161 | 1 306 | 1 492 |
| Moquegua | 8 030 | 8 258 | 8 697 | 9 004 | 9 417 | 9 622 | 10 394 | 11 418 | 12 202 | 12 692 | 13 348 | 14 003 | 14 608 | 14 772 | 14 979 | 14 931 | 15 517 | 21 957 |
| Pasco | 3 562 | 3 822 | 4 048 | 4 383 | 4 772 | 5 232 | 5 514 | 6 075 | 6 807 | 7 187 | 7 351 | 7 292 | 7 238 | 7 103 | 6 956 | 6 804 | 6 938 | 9 328 |
| Piura | 29 325 | 29 844 | 30 851 | 31 391 | 31 731 | 31 734 | 31 828 | 32 314 | 33 497 | 34 650 | 36 367 | 39 099 | 42 404 | 44 543 | 49 576 | 52 390 | 57 196 | 80 788 |
| Puno | 22 074 | 23 340 | 24 304 | 25 135 | 25 642 | 25 874 | 26 452 | 28 062 | 29 889 | 31 645 | 34 169 | 37 074 | 40 543 | 42 383 | 45 056 | 46 200 | 49 752 | 65 847 |
| San Martín | 4 603 | 4 837 | 4 846 | 10 384 | 10 277 | 10 156 | 10 033 | 9 969 | 9 917 | 9 977 | 10 151 | 10 418 | 10 926 | 11 082 | 11 648 | 12 047 | 12 975 | 11 187 |
| Tacna | 26 563 | 28 557 | 29 688 | 29 959 | 30 549 | 31 119 | 32 011 | 33 944 | 35 911 | 38 457 | 40 465 | 42 318 | 44 430 | 45 247 | 47 180 | 48 201 | 51 729 | 71 863 |
| Tumbes | 2 782 | 2 842 | 2 934 | 2 954 | 2 958 | 3 009 | 3 025 | 3 042 | 3 040 | 3 054 | 3 086 | 3 119 | 3 257 | 3 296 | 3 372 | 3 415 | 3 601 | 4 855 |
| Ucayali | 5 816 | 6 184 | 6 183 | 7 402 | 7 327 | 7 255 | 7 212 | 7 383 | 7 441 | 7 441 | 7 481 | 7 679 | 7 987 | 8 116 | 8 745 | 9 052 | 9 703 | 11 013 |

*Figura 1.* Parque automotor en circulación por departamento

*Fuente: Superintendecnia Nacional de Registros Públicos e INEI*

El VIII Informe de Percepción de Calidad de Vida en Lima y Callao (2017) desarrollado por la Facultad de Arquitectura y Urbanismo y Dirección Académica de Responsabildiad Social (PUCP) indica que el transporte publico representa el segundo problema que afecta la calidad de vida de los habitantes de Lima Metropolitana y el Callao, solo por debajo de la Delincuencia e inseguridad como se muestra en la siguiente figura.

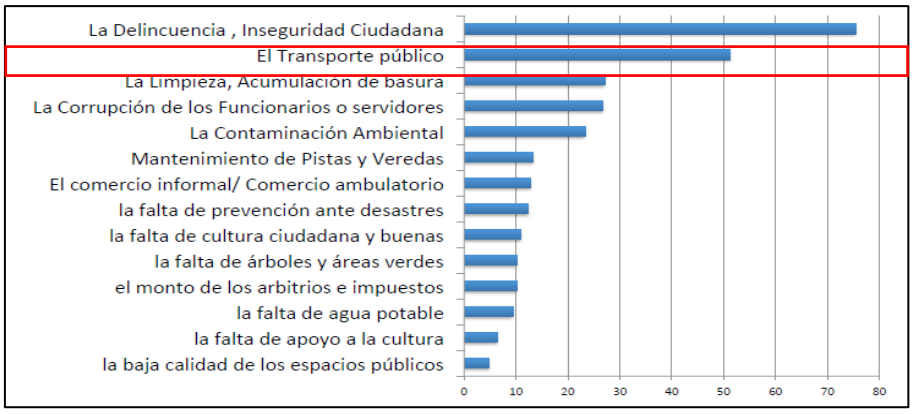



*Figura 2.* Problemas que afectan la Calidad de Vida en Lima Metropolitana y Callao - 2017

*Fuente: Octavo informe de percepción sobre calidad de vida, 2017*

Posada (2018) en su publicación denominada “Aumento contínuo del parque automotor, un problema que urge solucionar” menciona que, según la Dirección de Transporte de la Policia Nacional, Lima Metropolitana y Callao presentan un total de 242 puntos criticos de los cuales la mayoria se presentan en las intersecciones por la falta de ordenamiento en el sistema de semaforización. Lima Metropolitana cuenta con 1300 intersecciones semaforizadas, 420 centralizadas (controladas desde una central de la Municipalidad de Lima) y el resto opera de manera aislada (sin ninguna coordinación). De acuerdo a la Dirección de Transporte Urbano, el 46% de los semáforos tienen una antigüedad menor a los 5 años, el 25% una antigüedad entre 5 y 10 años y 29% una antigüedad mayor a los 10 años.

La ingeniería de tránsito en la ciudad de Lima está enfocada más en las soluciones de infraestructura y no en los sistemas de gestión de tránsito o realizar mejoras en las intersecciones. Es así que en los últimos años se han construido intercambios viales (by passes) que no han resuelto el problema de fondo, los intercambios viales solo alivian el transito temporalmente, no ordenan el tránsito y trasladan la congestión a las vías aledañas; por ejemplo, la Municipalidad Metropolitana de Lima MML tiene proyectado construir a futuro dos intercambios viales en los cruces de la Av. Canadá con la Av. Aviación y Av. San Luis como parte del Proyecto Corredor Javier Prado. Así mismo, en algunas avenidas que mantienen transito mixto se ha optado por aumentar el número de carriles; sin embargo, mantiene la congestión vehicular. El transporte organizado enfocado en el vehículo particular, desfavorece formas de transporte más sostenibles como el transporte masivo, peatonal, bicicletas, entre otras.

Las intersecciones semaforizadas representan los puntos de mayor conflicto y contribuyen en gran manera a la generación de tráfico en las ciudades, debido a que en su mayoría están constituidos por semáforos tradicionales con tiempo de fases fijos,

estos semáforos son elementos pasivos de las intersecciones ya que actúan obedeciendo reglas predefinidas o en función de patrones fijos de tiempo y no presentan una interacción con la realidad de la intersección. Además, es común observar la inconsistencia entre la geometría de la intersección y la designación de tiempos semafóricos.

Con el paso del tiempo, se han desarrollado investigaciones cuyas herramientas han sido de gran aporte dentro del área de movilidad y transporte. Uno de estas es la herramienta computacional Vissim que realiza un análisis con enfoque microscópico a diferencia de otros softwares de análisis de tráfico, con el enfoque microscópico se consideran interacciones entre los vehículos y entre todos los usuarios de la vía; asignando características propias de cada uno de ellos. Por las características del tráfico de Lima, la micro simulación es una alternativa adecuada para representar la circulación vehicular, debido al estilo de manejo desordenado y agresivo de la mayoría de conductores. Sin embargo, para que este sea validado es necesario respetar sus fundamentos y desarrollar obligatoriamente las etapas de calibración y validación del modelo.

Dada la eficiencia que ha tenido este software en los distintos estudios realizados en distintas partes del mundo, en el presente proyecto de ingeniería se empleará el software Vissim 10 para el análisis de las intersecciones semaforizadas de la avenida Canadá con Av. Aviación, Av. De la Arqueología y Av. San Luis, en el distrito de San Luis, departamento de Lima, Perú y demostrar la hipótesis, que estas intersecciones se encuentran saturadas en horarios de alta demanda y que es necesario implementar acciones de mejora para disminuir el tiempo demora que finalmente se refleja en niveles de servicio superiores a los actuales.

### 1.1.2 Formulación del Problema.

Luego del planteamiento expuesto, surgen las siguientes interrogantes:

#### 1.1.2.1 *Problema General.*

¿Será posible la reducción del nivel de congestionamiento y mejorar los Niveles de Servicio de las intersecciones de la Avenida Canadá con las Avenidas Aviación, San Luis y De la Arqueología en el Distrito de San Luis, Lima, haciendo uso de la herramienta de microsimulación de tráfico Vissim?

#### 1.1.2.2 *Problemas Específicos.*

a) ¿Cuáles son las condiciones existentes de la circulación, con respecto a las medidas de efectividad (niveles de servicio, longitud de colas y demoras, entre

otros) de las intersecciones de las Avenidas Canadá, Aviación, San Luis y De la Arqueología en el Distrito de San Luis, Lima?

b) ¿Cuál es el tiempo de viaje desde la Av. Aviación hasta la Av. San Luis en la actualidad?

c) ¿Cuál es la propuesta de mejora que genera mayor disminución de demoras en las intersecciones de la Avenida Canadá con las Avenidas Aviación, San Luis y De la Arqueología en el Distrito de San Luis, Lima?

d) ¿Cuál es el procedimiento correcto a seguir para realizar una micro simulación de tráfico que involucre vehículos y peatones en las intersecciones de las Avenidas Canadá, Aviación, San Luis y De la Arqueología en el Distrito de San Luis, Lima?

### 1.1.3 Justificación de la Investigación.

El presente proyecto está orientado a la aplicación del mejoramiento integral del tránsito en 3 intersecciones de la Av. Canadá empleando una herramienta de micro simulación de tráfico para poder analizar las condiciones existentes y presentar propuestas de mejora que incluyen diferentes escenarios (Ver Figura 3), este interés surge a partir de haber observado las dificultades en el flujo de tráfico que genera niveles de servicio bajos, congestión vehicular y riesgo de accidentes en las intersecciones de la Av. Canadá, Distrito de San Luis específicamente en horarios de alta demanda. Las intersecciones seleccionadas corresponden a la intersección de la Avenida Canadá con las Avenidas Aviación, San Luis y De la Arqueología, estas intersecciones son semaforizadas y en algunos casos cuentan con carriles exclusivos de giro deficientemente diseñados.

*Figura 3.* Intersecciones Seleccionadas para la Evaluación en el Distrito de San Luis, Lima

*Fuente: Adaptado de Google Earth, 2018*

## a. Aporte científico

Dirigido para que los estudiantes e investigadores puedan realizar la evaluación de intersecciones deficientes y proponer mejoras en intersecciones con características similares a las de este proyecto utilizando la micro simulación de tráfico como una herramienta potencial para mejorar la precisión del análisis, de tal manera que los responsables de la toma de decisiones para el diseño, mantenimiento y remodelación de infraestructuras y sistema de transporte en nuestro país puedan tomar las mejores decisiones para lograr los objetivos, considerando que “los modelos son herramientas útiles en la planificación del transporte. Ellos permiten evaluar las posibles consecuencias que ciertas intervenciones podrían generar en el sistema bajo análisis”; sin embargo, “un modelo es realista solo desde un punto de vista particular, y la adaptación de un modelo es dependiente del contexto en que se utiliza” (Sanchez, 2015).

Los resultados de la aplicación de este proyecto en una prueba real o a gran escala no se pueden cuantificar hasta que se ponga en funcionamiento; sin embargo, es posible la micro simulación representando las condiciones más cercanas del tráfico actual en la zona. Con los resultados obtenidos se podrá realizar un análisis de la condición existente de las intersecciones, identificar los componentes viales deficiente (semaforización, geometría, señalización, etc.) que contribuyen a la generación de tráfico. Además, esto permitirá tomar decisiones coherentes para las propuestas de mejora de las intersecciones en general. Se espera que para futuros proyectos de infraestructura vial se realicen análisis de tráfico de manera efectiva y representando valores más cercanos a la realidad.

Como una demostración de la aplicación del modelo, en la Figura 4 se aprecia la simulación del tráfico de una intersección semaforizada de Lima, donde se considera la presencia de cambios de carriles, movimientos laterales, seguimiento vehicular y la intermodalidad.

*Figura 4.* Modelación de un Sistema de Transporte Multimodal

*Fuente: Transis, 2018*

Como una alternativa se avaluará la implementación de un sistema inteligente de semáforos para reducir la congestión vehicular en las intersecciones semaforizadas. Los sistemas inteligentes cuentan con diferentes métodos de detección vehicular como la instalación de cámaras IP y antenas bluetooth en la parte superior de los semáforos, permitiendo conocer la naturaleza del tráfico en un determinado instante y poder regular de manera más efectiva y equitativa para ese instante. Sin embargo, se debe comprobar, basado en la simulación, si la implementación de esta propuesta es efectiva, en horas pico, fuera de horas pico, o no es recomendable su aplicación para este tipo de intersecciones.

### b. Aporte social

Los trabajos sobre el funcionamiento del tráfico se han realizado mediante diferentes apreciaciones al momento de su análisis. Los modelos determinísticos y los modelos estocásticos se encuentran dentro de ellos, el primer modelo representa cuando las condiciones del tráfico son simples y sencillas, mientras que el segundo se emplea cuando hay conductas agresivas, congestión y bloqueos. El software Vissim sigue los patrones descritos por el modelo estocástico y su modelo microscópico puede representar la situación del tráfico del Perú, ya que presenta una serie de número semillas que generan patrones de comportamiento de los conductores de acuerdo a un estilo de manejo agresivo y desordenado dentro de las diferentes vías e intersecciones que existen.

Este proyecto será de gran utilidad para los futuros estudios de tráfico de los proyectos viales, esto tiene una influencia directa en los usuarios de vía en la intersección de la Av. Canadá y Av. San Luis en el Distrito de San Luis, Lima. A largo plazo, la micro simulación representaría un beneficio para toda la Ciudad de Lima, debido que, mediante un correcto estudio de tráfico, se logra comprender y analizar el tráfico

existente, ya que “los efectos perjudícales de la congestión caen sobre todos los habitantes de las urbes, en términos de deterioro de su calidad de vida”; por lo tanto, “de una forma u otra, nadie queda inmune a sus consecuencias” (Bull, 2003).

Según Alberto, B. (2003) el aumento de transporte y del tránsito vial han generado una mayor congestión, demoras, accidentes y problemas ambientales y que este problema afecta tanto a los automovilistas como a usuarios de transporte colectivo; además, representa una fuente de perdida de la económica y otros efectos negativos para la sociedad. Además, se ha identificado que las intersecciones son las que presentan deficiencias generando largas colas y considerables demoras. Por tal razón surge la necesidad de enfocar la ingeniería de tránsito a la búsqueda de soluciones de vanguardia, dándole un enfoque a sistemas de transporte multimodal que incentiven la reducción del uso de vehículos individuales como autos particulares y taxis, además, la evaluación de la performance de semáforos convencionales, de la geometría típica de las intersecciones en Lima y realizar la representación a nivel microscópico que permita un análisis más realista.

Por lo expuesto anteriormente, es que se analizará las intersecciones seleccionadas bajo el modelo microscópico de Vissim. Se tomará en cuenta la interacción entre los vehículos atreves de asignaciones de comportamiento individual a cada vehículo dentro del sistema. De esta manera, es posible estudiar la situación actual del proyecto según los parámetros de eficiencias seleccionados (longitud de colas, tiempo de viajes, niveles de servicio, etc.).

### c. Aporte económico

Este proyecto pretende aportar con un grano de arena a la solución del problema de tráfico que, según el estudio denominado (Transporte Urbano: ¿Cómo resolver la movilidad en Lima y Callao?) “la congestión generaría pérdidas por US$800 millones de dólares; es decir, el 1.5% del PBI.” y que, un limeño en promedio gasta S/ 50 para desplazarse durante la semana (Alegre Escorza & Rodriguez, 2016). El hecho de mejorar las intersecciones y lograr un tráfico más fluido, influye directamente en la mejora de calidad de vida de la población y en los ahorros económicos, mencionando que los costos de la congestión son elevados, por ejemplo “aumentar en promedio las velocidades de los viajes en auto a 1km/h y los de transporte colectivo en 0.5 km/h implicaría una reducción de tiempos de viaje y costos de operación por un valor equivalente a 0.1% del producto bruto interno (PBI)” (Thomson & Bull, 2001).

### d. Aporte cultural

Este proyecto es relevante porque la información que se obtenga permitirá conocer la situación actual e implementar las alternativas de mejora que finalmente, de manera directa o indirecta incentiven a una mejor cultura vial, ya que “muchos accidentes se atribuyen al conductor (factor humano)” pero que estos, en muchos casos son influenciados por “la infraestructura vial por presentar deficiencias y a quienes los administran, siendo necesario plantear un enfoque integral” (Paquiyauri, 2015). Por ello, se deberá diseñar la infraestructura, programar los tiempos semafóricos, entre otros elementos con la finalidad de perdonar el error humano, y que la infraestructura obligue a los usuarios a respetar las normas de tránsito, con una visión de mejorar la cultura vial con el paso de los años. Asimismo, la aplicación de la mejora integral de las 3 intersecciones deberá estar antecedido por campañas de información y sensibilización hacia los usuarios mediante folletos, afiches, radios, televisión, entre otros.

Otra de las razones que me impulsaron a realizar este proyecto es la falta de interés de los profesionales y autoridades del país por solucionar el problema del tráfico en Lima, siendo este uno de los mayores problemas de la capital, existen escasas investigaciones o proyectos con respecto al tema. La investigación apunta al análisis y propuestas de mitigación del tráfico y con los resultados, los principales beneficiarios son los ciudadanos en general.

## 1.2 Objetivos

Por lo señalado anteriormente podemos señalar los siguientes objetivos.

### 1.2.1 Objetivo General.

Reducir el nivel de congestionamiento y mejorar los Niveles de Servicio de las intersecciones de la Avenida Canadá con las Avenidas Aviación, San Luis y De la Arqueología en el Distrito de San Luis, Lima, empleando la herramienta de microsimualción de tráfico Vissim.

### 1.2.2 Objetivos Específicos.

Los objetivos específicos incluyen los siguientes:

a) Determinar el Nivel de Servicio de las condiciones existentes en las intersecciones de la Av. Canadá con las Avenidas Aviación De la Arqueología y San Luis en el Distrito de San Luis, Lima.

b) Determinar el tiempo de viaje desde la Av. Aviación hasta la Av. San Luis en la actualidad.

c) Comparar la eficacia de 3 propuestas de mejora de tránsito planteadas para las intersecciones de la Avenida Canadá con las Avenidas Aviación, San Luis y De la Arqueología, Distrito de San Luis, Lima.

d) Generar una metodología de trabajo para la micro simulación, considerando todas sus etapas: recolección de datos, creación de la red, calibración y validación mediante pruebas estadísticas y por la cantidad de corridas en las intersecciones de la Avenida Canadá con las Avenidas Aviación, San Luis y De la Arqueología en el Distrito de San Luis, Lima.

## 1.3 Hipótesis

### 1.3.1 Hipótesis principal.

El nivel de congestionamiento se reduce y se obtiene mejores Niveles de Servicio aplicando las mejoras integrales propuestas para las intersecciones de la Avenida Canadá con las Avenidas Aviación, San Luis y De la Arqueología en el Distrito de San Luis, Lima, empleando la herramienta de microsimulación de tráfico Vissim.

### 1.3.2 Hipótesis Específicas.

a) Los Niveles de Servicio en condiciones existentes que predominan en las intersecciones de la Avenida Canadá con las Avenidas Aviación, San Luis y De la Arqueología en el Distrito de San Luis, Lima son mayores a “D”.

b) El tiempo de viaje desde la Av. Aviación hasta la Av. San Luis es mayor a 5 minutos en la actualidad.

c) Debido a la disminución de demoras que genera la optimización de tiempos semafóricos y modificaciones geométricas que sean consistentes con la semaforización, se estima que la segunda propuesta sería la más eficaz para mejorar los Niveles de Servicio de las intersecciones de la Av. Canadá con las Avenidas Aviación, San Luis y De la Arqueología en el Distrito de San Luis, Lima. Seguido de la primera propuesta y siendo el menos eficaz la tercera propuesta.

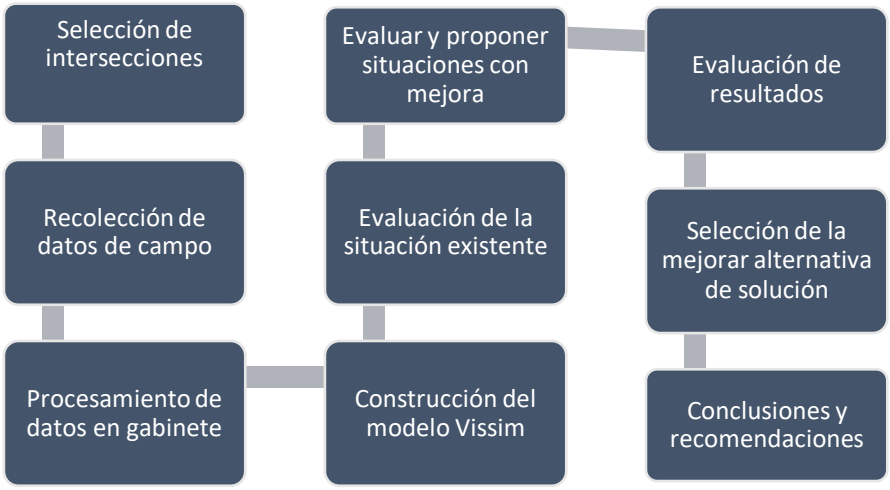
d) El correcto procedimiento para la creación del modelo de micro simulación de tráfico contempla el cumplimiento de todas las etapas necesarias para que el modelo sea validado en la intersección de las Avenidas Canadá, Aviación, San Luis y De la Arqueología en el Distrito de San Luis, Lima.

## 1.4 Metodología

La presente investigación es de tipo descriptivo, analítico, explorativo y explicativo, con enfoque cualitativa y cuantitativa y nivel de investigación correlacional, debido a los criterios del estado de arte actual; el nivel de complejidad del estudio y el tipo de análisis

al que se someterá la información recolectada. Por ejemplo, describir las condiciones actuales de las intersecciones, explorar alternativas de mitigación haciendo uso de herramientas de vanguardia y analizar y comparar resultados.

Se propone realizar el proyecto bajo el siguiente esquema:




El levantamiento de datos se realizará mediante aforos vehiculares y peatonales haciendo uso de videocámaras y no por conteo manual debido a que este último presente un alto porcentaje de margen de error. Posterior a la obtención de la data de campo, se realiza el procesamiento en gabinete. Los aforos vehiculares serán introducidos en un formato de flujogramas que indique a detalle todos los giros y volúmenes en las intersecciones aforadas, luego se procederá a la determinación de la Hora Pico que representa la hora de máxima demanda vehicular, y el análisis se realizará utilizando los volúmenes máximos o de diseño. Por último, se modela con los aforos la situación existente y situaciones con propuestas de mejora. Se realizará todo el proceso de configuración de parámetros en Vissim como: La ruta de decisión, deseo de velocidad, zonas de reducción de velocidad, semáforos, etc. En función al resultado se identificará la mejor alternativa de solución y se espera mejoras en los parámetros de efectividad de las intersecciones.

Las 3 propuestas de mejora que se proponen para la presente tesis son:

- Propuesta 1. Mejoras en el sistema de semaforización.
- Propuesta 2. Mejora Global (Geometría, Semaforización, Señalización, etc.)
- Propuesta 3. Mejora con implementación de semaforización inteligente.

# Capítulo 2: Marco Referencial

## 2.1 Antecedentes

A continuación, se reseña algunos estudios que guardan relación con el tema de tesis. Para respaldar el presente proyecto se consultaron diversas investigaciones referentes a la microsimulación de tráfico que permitan representar las condiciones reales y realizar los análisis de los diferentes problemas de tráfico, este acercamiento permitirá realizar un análisis más real generando un funcionamiento más eficiente, reduciendo la congestión vehicular, el tiempo de viaje, las colas generadas y garantizando un óptimo nivel de servicio de la vía. Además, se incluyó investigaciones relacionados a sistemas de control de tráfico, mejora de intersecciones e implementación de semaforización inteligente. De estos estudios se podrán seleccionar algunos aspectos que aporten información significativa para el desarrollo del presente proyecto.

### 2.1.1 Internacionales.

Montenegro (2013) realizó una investigación sobre la simulación microscópica del tránsito, en el cual realizó una comparación analítica con tres programas de cómputo de micro simulación (Synchro-Sim Traffic, S-Paramics y Lisa+) en una intersección vial compleja de la Ciudad de México, centrándose específicamente en los parámetros de eficiencia que tiene mayor incidencia en el análisis, asimismo, la verificación de la influencia de los valores que estos parámetros traen establecidos por defecto. Menciona que cualquier simulador que pretenda reproducir de forma real el comportamiento del tránsito debe incluir en sus parámetros una diferenciación por tipo de conductor y su influencia en la operación de tránsito.

Los diferentes programas de cómputo consideran los límites que impone la red mediante sus características como la pendiente, ancho de carril, visibilidad, entre otros. a través de diferentes modelos matemáticos. A continuación, se muestran los más importantes:

- El modelo de seguimiento vehicular
- Brecha de aceptación:
- Cambio de pista
- El modelo de adelantamiento
- Autómatas celulares

Montenegro realizó la modelación tomando como base una intersección compuesta por 5 accesos y 6 salidas, con volumen de máxima demanda de 8,000 veh/h y controlada por semaforización de 4 fases, una fase con giros a la izquierda permitidos; además, con la siguiente composición vehicular: 89% automóviles, 5% autobuses y 6% camiones

de carga, esto refleja en un factor de hora pico de 0.99 y flujos de saturación los 1,900 veh/h – carril.

Con los resultados del estudio se logró identificar las características propias de cada paquete computacional en relación con: la forma de estructurar las condición básica de la red, condiciones operativas necesarias para replicar lo observado en campo y alimentar el modelo, los parámetros para el análisis y evaluación de los modelos, y la identificación de las diferencias entre los resultados que se obtienen en función de la variación de los valores que se definan para los parámetros que caracterizan la operación vehicular en los modelos. Se obtuvo un cuadro comparativo para los tres programas con la consideración de los siguientes aspectos: Construcción de la red, características físicas, demanda, características del vehículo, características operativas, zona de conflicto y esquema de control (con o sin semáforos)

Se concluye que, una vez estructurada la red de análisis con sus correspondientes datos de volúmenes y valores característicos de su operación, pueden considerarse como una "Evaluación estática" que es obtenido a partir de los datos de ingreso y basándose en las formulaciones matemáticas para el análisis de capacidad y niveles de servicio definidos a partir de parámetros como la demora media, volumen movilizado y longitud de cola. El segundo esquema es la microsimulación o "Evaluación dinámica", el cual toma en consideración los resultados generados por la interacción de los diferentes elementos del flujo (vehicular y peatonal) que transitan por la red considerada.

Ignasi & France (2000) realizaron un estudio sobre los principios de micro simulación del tráfico, en el cual indican que los sistemas modernos tienen mucha aplicación en el campo de la ingeniería ya que permiten tratar volúmenes de información de gran cantidad, este hecho permite plantear la posibilidad de enfocar la problemática del tráfico a nivel microscópico, considerando cada vehículo como un objeto que se enmarca dentro de un sistema y por lo tanto puede interactuar con el resto de vehículos. Además, mencionan que el tráfico representa a un sistema en el cual se observa la interacción de subsistemas de los vehículos y de la red de transporte como, por ejemplo:

- El vehículo: conductor – maquina
- La red
- Interacción vehículo - red

Mejoran la formulación de los modelos propuestos por Pipes y Forbes para el seguimiento vehicular y se inclina por el uso del hueco temporal frente al espacial como decisorio para la materialización del cambio de carril. Mediante el uso de un programa Maple V se simuló las trayectorias predichas por las distintas teorías de seguimiento

vehicular para un vehículo que reacciona al frenado del vehículo delantero. Ver la siguiente Figura 5.

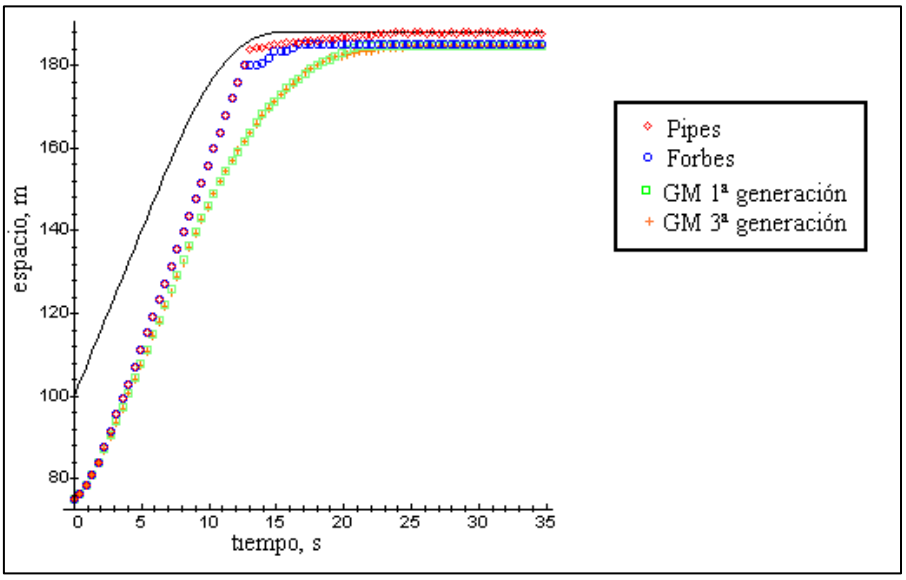



*Figura 5.* Diagrama Espacio – tiempo del Caso de Frenado

*Fuente: Ignasi & France 2013*

Como se observa en la figura anterior, las teorías de Pipes y Forbes no describen correctamente el comportamiento del vehículo modelo puesto que acelera demasiado y quedando sin tiempo de reaccionar, que finalmente termina chocando al vehículo delantero. La justificación teórica del choque que predice las teorías de Pipes y Forbes, se debe al hecho de que estas teorías no detectan los vehículos hasta que estén muy cerca de él, por ello, aun frenado con la máxima velocidad, no tengan tiempo material para evitar la colisión.

En el estudio el autor concluye que el planteamiento del problema del tráfico deberá ser una consecuencia de la interacción entre diversos objetos (vehículo, semáforo, etc.) permitiendo reproducir de forma más fidedigna el comportamiento de tráfico. Además, descomponer el vehículo como un sistema formado por el conductor y el vehículo representa un mayor acercamiento a la realidad. De esta investigación se resalta los principios de la micro simulación de tráfico que serán incluidos en la presente investigación.

Fontalvo (2013) realizó la modelación de tráfico con el software PTV VISSIM de la situación existente y con proyecciones a 5, 10, 15 y 20 años en el tramo Bomba el Gallo – Bomba del Amparo de la Ciudad de Cartagena, y analizó posibles alternativas de solución para mejorar la problemática del tráfico. A continuación, se muestra los resultados de la modelación para la situación existente y situación futura con proyecciones.

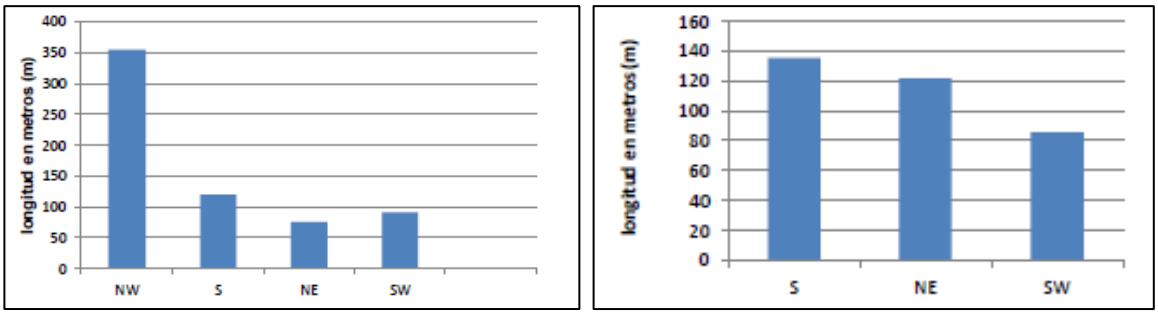



*Figura 6.* Longitud de cola en metros – intersección Bomba de Gallo y Amparo

*Fuente: Fontalvo, K., 2013*

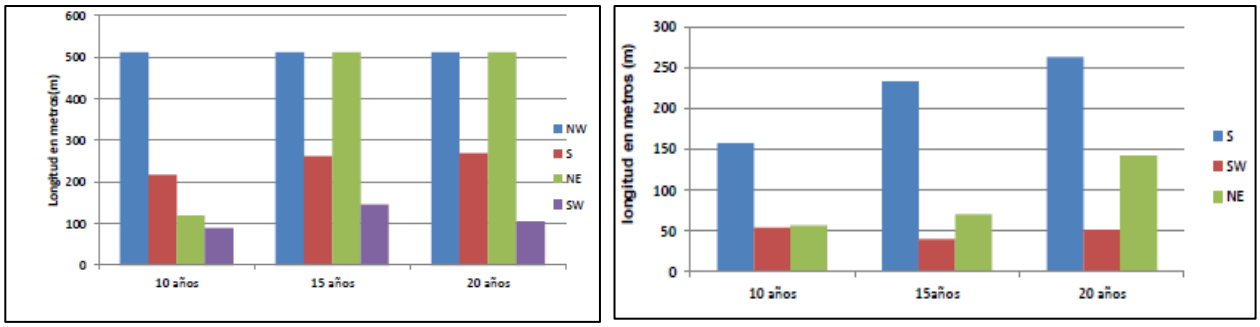



*Figura 7.* Longitud máxima de cola para situación futura – intersección Bomba de Gallo y Amparo

*Fuente: Fontalvo, K., 2013*

Después de evaluar los resultados que arroja el software, Fontalvo procede a determinar una alternativa de solución que mejore las condiciones futuras en ambas intersecciones. En la ciudad de Cartagena se presenta una gran cantidad de flujo de motocicletas, los aforos realizados en el sector determinaron que el volumen de motos supera el 50% de flujo total, partiendo de este hecho y de su influencia en la operación de tráfico, se concluyó que una de las alternativas de solución para mejorar el tráfico vehicular es eliminar en un 90% las motocicletas. A continuación, se muestra la comparación de resultados con respecto a la longitud de colas de la situación futura y la situación futura con mejoras.

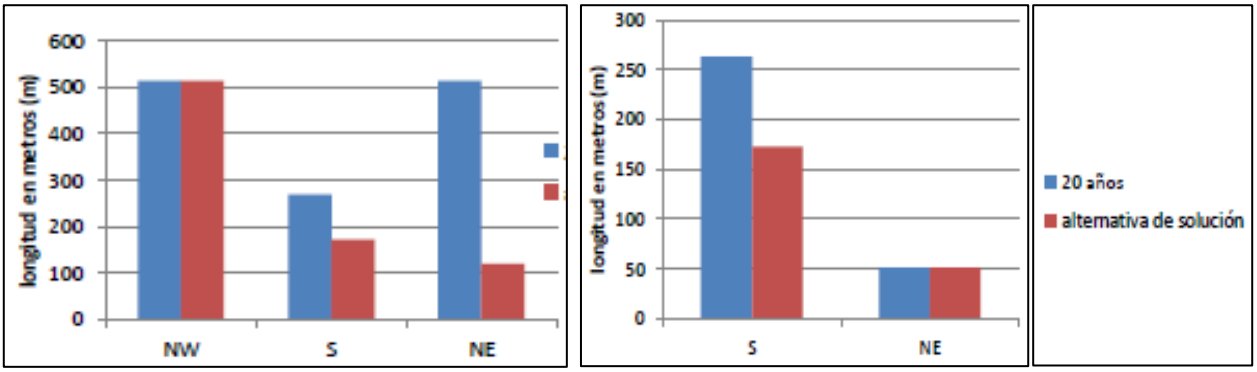



*Figura 8.* Longitud de cola para 20 años vs alternativa de solución – intersección Bomba de Gallo y Amparo

*Fuente: Fontalvo, K., 2013*

Fontalvo calibró el modelo para las condiciones del tráfico de las ciudades colombianas, en este caso Cartagena y con los resultados obtenidos del programa propuso una alternativa de mejora.

En el año 2010 se realizó una investigación denominada “Uso de herramientas de mircosimulación para la definición de estrategias de control de tránsito para la ciudad de Santiago” en el país de Chile, en el cual se realizó un análisis comparativo de resultados mediante dos softwares. El autor menciona que las mayores ventajas que tiene la utilización de microsimuladores de tráfico, además de calcular parámetros de operación de los vehículos, es que proporciona una poderosa herramienta para modelar las dinámicas del sistema para distintos niveles de demanda, y también visualizar claramente cómo las aplicaciones de ciertas medidas de gestión afectan el funcionamiento de las áreas afectadas (Zúñiga, 2010). Para la aplicación de los modelos de microsimulación consideró 4 escenarios de evaluación, que son:

a) Escenario 1: Medidas de mitigación del impacto vial de Costanera Center – Santiago de Chile (Etapa 3 y 4).

b) Escenario 2: Modificación operacional de Cuadrante Las Brujas – Santiago de Chile.

c) Escenario 3: Modificación pista central eje San Martin – Santiago de Chile.

d) Escenario 4: Simulación de un incidente temporal.

Zúñiga concluye que los programas de microsimulación de tráfico actualmente ofrecen un complemento interesante en la modelación de redes de transporte y en la evaluación de medidas de gestión de tránsito. A diferencia de modelos de tipo mesoscópicos o macroscópico, aquí se puede evaluar de manera detallada cada elemento de una red vial, analizar situaciones no predictivas (por ejemplo, incidentes), analizar la operación del transporte público y evaluar distintos sistemas inteligentes de transporte, como por ejemplo: control actuado, sistemas de mensajes variables de re-ruteo y facilidades al transporte público. Por otro lado, de acuerdo a los distintos escenarios evaluados, se recomienda utilizar los modelos microscópicos en redes de tamaño medio y menor, y no en redes extensas. Uno de los problemas de los programas de simulación microscópica es la baja transferencia de valores de parámetros calibrados entre una zona y otra.

Esta investigación aporta al proyecto algunas herramientas utilizadas para cuantificar los riesgos y la vulnerabilidad en el tráfico vehicular, ventajas de su configuración y la utilización de metodologías que permiten su retroalimentación.

Suárez (2007) sustentó la tesis de maestría denominada “análisis y evaluación operacional de intersecciones urbanas mediante miro simulación” una continuación del trabajo final de Evaluación y Aplicación de Modelos de Tránsito en Medellín, realizado por los Ingenieros Miguel Melo, Margarita Lopez, Maria Isabel Lopez, en el 2005 en la cual se realizó una comparación detallada de las bondades de los diferentes programas de microsimulación disponibles en el mercado y se determinó que Vissim es el programa con mayor potencial para análisis de las ciudad de Colombia (Ver Figura 9). El trabajo de Suarez tuvo como objetivo adquirir, evaluar, calibrar algunos parámetros fundamentales aplicando la herramienta de microsimulación Vissim y determinar una metodología para la calibración de parámetros de velocidad deseada, brechas, conducta del conductor, acorde a las características de la ciudad de Medellín. Este estudio se realizó en la Calle 50 entre las Carreteras 81B y 81A de Colombia.

| CARACTERÍSTICAS | CUMPLIMIENTO DE CARACTERÍSTICAS | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Corsim | Vissim | Aimsun | Watsim | Integration |
| Características de los conductores | 14 | 18 | 15 | 13 | 10 |
| Características generales de simulación | 6 | 5 | 7 | 4 | 4 |
| Calibración y parámetros | 5 | 7 | 7 | 4 | 5 |
| Extracción de datos | 8 | 9 | 7 | 4 | 2 |
| Total de elementos evaluados | 33 | 39 | 36 | 25 | 21 |
| Porcentajes | 75% | **89%** | **82%** | 57% | 48% |

*Figura 9.* Evaluación de la Potencialidad de Modelos

*Fuente: TF. MELO Miguel, LOPEZ Margarita y LOPEZ Isabel. Evaluavión y Aplicación de Modelos de Tránsito en Medellin. Uniersidad Nacinal de Colombia. Facultad de Minas, 2015*

Para la calibración del modelo, se tomó en cuenta dos escenarios: 1) Donde se introduce al modelo valores básico (volumen, asignación de ruta, tiempos semafóricos, entre otro.) y los parámetros que se desea analizar (velocidad deseada, aceleración y deceleración deseada, brecha y comportamiento del conductor), en este primer escenario se trabajó con valores que el programa trae por defecto. 2) Donde se alimentó el modelo con información de entrada incluyendo los resultados del análisis de los parámetros evaluados (velocidad deseada, aceleración y deceleración deseada, brechas y comportamiento del conductor).

Los parámetros calibrados fueron:

- Velocidad deseada: Los valores que trae el programa por defecto, representan condiciones de vías en autopistas con flujo continuo, esto varía para vías urbanas debido a que se presenta flujos interrumpidos. Por lo tanto, se debe calibrar bajo estándares predefinidos como la geometría de la vía, composición vehicular y regulación del tramo, pues influyen directamente en

la velocidad deseada. Vissim presenta 18 curvas de velocidades (varía entre el mínimo y máximo), de acuerdo al ajuste para las velocidades tomadas en campo, se analizó los rangos del modelo y determinar si de las curvas existente se podría tener un ajuste.

| TIPO DE VEHICULO | RANGO DE CAMPO | RANGO VISSIM |
|---|---|---|
| MOTO | [39 - 41] | [40 - 45] |
| LIVIANO | [35 - 37] | [30 - 35] |
| BUS | [31 - 34] | [30 - 35] |
| CAMION | [30 - 34] | [30 - 35] |

*Figura 10.* Comparación de rango de velocidades Modelo vs. Datos de campo

*Fuente: Suarez, L., 2007*

- Aceleración y deceleración deseada para cada tipo de vehículo: Se realizó una comparación entre datos de campo y las curvas por defecto del modelo, donde las aceleraciones varían entre un rango, a excepción de motos que es necesario crear ya que este tipo de vehículo no está contemplado en el modelo.

| TIPO DE VEHÍCULO | RANGOS DE VISSIM | | RANGOS DE CAMPO | |
|---|---|---|---|---|
| | ACELERACION $m/s^2$ | VELOCIDAD Km/hora | ACELERACION $m/s^2$ | VELOCIDAD Km/hora |
| Liviano | [ 0 – 7,5] | [ 0 – 250] | [ 1,25 – 3,77] | [ 17 – 30] |
| | Valores de algunos puntos ( v , a) | Rango de Aceleración en el que ésta varia | Valores de algunos puntos ( v , a) tomados en campo | |
| | [20 , 2,80] | [1,3 - 3,5] | [ 20 , 2,68] | |
| | [30 , 2,50] | [1,2 - 3,5] | [ 30 , 1,25] | |
| | [23 , 2,80] | [1,3 - 3,5] | [ 23 , 2,10] | |
| Bus | ACELERACION $m/s^2$ | VELOCIDAD Km/hora | ACELERACION $m/s^2$ | VELOCIDAD Km/hora |
| | [ 0 – 7,0] | [ 0 – 250] | [ 0,7 – 3,50] | [ 17 – 40] |
| | Valores de algunos puntos ( v , a) | Rango de Aceleración en el que ésta varia | Valores de algunos puntos ( v , a) tomados en campo | |
| | [20,0 , 1,2] | [1,00 - 1,5] | [ 20,2 , 2,63] | |
| | [26,5 , 1,3] | [1,10 – 1,5] | [ 26,7 , 1,50] | |
| | [34,0 , 1,2] | [1,00 - 3,4] | [ 34,2 , 0,92] | |
| Camión | ACELERACION $m/s^2$ | VELOCIDAD Km/hora | ACELERACION $m/s^2$ | VELOCIDAD Km/hora |
| | [ 0 – 7,0] | [ 0 – 250] | [ 0,75 – 2,37] | [ 20 – 38] |
| | Valores de algunos puntos ( v , a) | Rango de Aceleración en el que ésta varia | Valores de algunos puntos ( v , a) tomados en campo | |
| | [22,0 , 2,5] | [1,10 - 2,50] | [ 22,4 , 3,15] | |
| | [28,0 , 2,1] | [0,80 – 2,60] | [ 28,0 , 1,37] | |
| | [33,0 , 1,8] | [0,60 – 2,30] | [ 33,0 , 1,00] | |

*Figura 11.* Comparación de parámetros de aceleración del Modelo vs. Datos de campo

*Fuente: Suarez, L., 2007*

Con respecto a la deceleración deseada, se tomó la información de manera manual debido a la falta de equipo y recursos, se observó que los vehículos livianos y motos presentan mayores deceleraciones.

- Brecha: El programa Vissim asigna por defecto una brecha mínima de 3 segundo para todos los vehículos; empero, el programa permite al modelador asignar la brecha para cada tipo de vehículo. No obstante, estas brechas no deben generalizarse para el comportamiento del conductor en intersecciones debido a que varían por la presencia de semáforos.

| TIPO DE VEHÍCULO | BRECHA DIRECTA (seg) | BRECHA IZQUIERDO E-S (seg) | BRECHA IZQUIERDO N-E (seg) | BRECHA DERECHA (seg) |
|---|---|---|---|---|
| LIVIANO | 7 | 7 | 7 | 7 |
| MOTO | 5 | 6 | 6 | 5 |
| BUSES | 8 | 8 | 8 | 8 |
| CAMIONES | 8 | 8 | 8 | 8 |

*Figura 12.* Resumen de Brechas analizadas

*Fuente: Suarez, L., 2007*

- Comportamiento del conductor en el proceso de seguimiento del vehículo (distancia estática de los vehículos y parámetros de calibración para la distancia entre vehículos a bajas velocidades): El modelo presenta una distancia estática de 2 m. pero, para el tramo en estudio el autor utilizó el promedio de distancia estática hallada en campo igual a 1.68 m.

Suarez concluye que para la aceleración de diferentes vehículos (livianos y camiones) y basado en el análisis de datos de campo se puede utilizar las gráficas que el modelo Vissim trae por defecto, mientras que para los buses es necesario realizar ajustes, debido a variación del comportamiento de los conductores de estos vehículos en zonas urbanas y autopistas. Se concluye que el modelo presenta una gran aproximación de la realidad con los datos que el programa trae por defecto; sin embargo, para algunos parámetros como la distribución de velocidad y aceleración, se debe escoger entre las distintas opciones que presenta el modelo. El aporte que se rescata de esta investigación es el enfoque que se dio al funcionamiento técnico del modelo, así como de sus soportes, las metodologías para la recolección de data de campo, la metodología para la calibración de los parámetros dentro de los límites que presenta la información de campo recolectada.

Como una alternativa potencial de mitigación para las intersecciones evaluadas se propone la implementación de semáforos inteligentes, esto también es posible con el software Vissim ya que cuenta con una opción de añadir un controlador que permita

determinar la realidad del tráfico en determinado tiempo representando a la semaforización inteligente.

Linares & Gonzales (2013) realizaron, una investigación denominada “Control de tráfico vehicular por medio de semáforos inteligentes” que desarrolló un sistema de semáforos inteligentes mediante la micro simulación con la finalidad de eliminar o reducir el congestionamiento vehicular mediante un hardware programado para tener un funcionamiento automatizado. El sistema consta de un pequeño microcontrolador programado con algoritmos que toman decisiones en el área de congestionamiento vehicular. (Linares Morales & González Sánchez, 2013).

De este trabajo se resalta el sistema capaz de tomar decisiones sobre la situación del tráfico de una intersección de manera más efectiva en comparación con los semáforos convencionales utilizando tecnologías de microprocesadores, mejorando el comportamiento de los semáforos de la ciudad mediante algoritmos.

### 2.1.2 Nacionales.

Alcalá (2016) presentó la Tesis titulada “Microsimulación del tráfico de la intersección semaforizada entre las Av. Bolívar, Córdova y Calle Andalucía, en el distrito de Pueblo Libre. Este estudio fue desarrollado empleando el software Vissim 6” en la Pontificia Universidad Católica del Perú. El objetivo del estudio fue de “crear, calibrar y validar un modelo de microsimulación para evaluar el funcionamiento de la intersección”, A continuación, se muestra una imaginan de la modelación de esta intersección compleja.

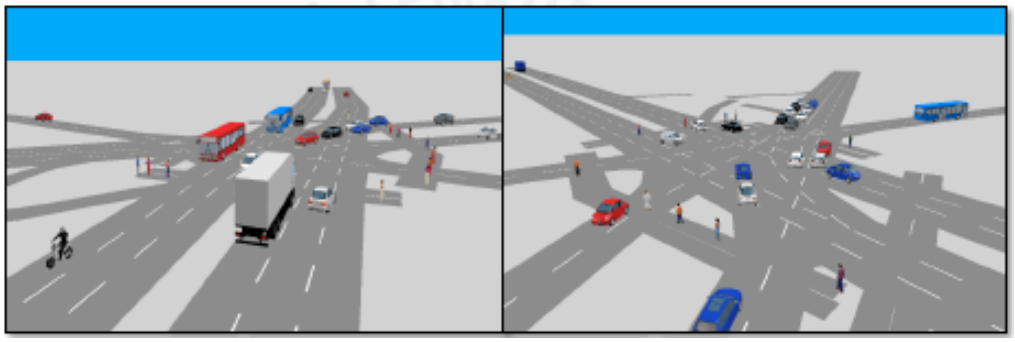


*Figura 13.* Circulación de vehículos y peatones dentro de la intersección

*Fuente: Alcalá, M., 2016*

Posterior a la calibración y validación del modelo, Alcalá realizó dos propuestas de mejora utilizando el programa Vissim para la modelación, el primero consiste en la optimización del ciclo semafórico, cabe mencionar que la optimización se realizó con el soporte del programa Synchro 8.0. La segunda propuesta consiste en trasladar el flujo de circulación de vehículos por la Calle Andalucía hacia la Av. Córdova debido a la baja circulación por este, aunque, para esta propuesta también se optimiza el ciclo

semafórico utilizando el programa Synchro 8.0. A continuación, se muestran los resultados de estas propuestas de mejora.

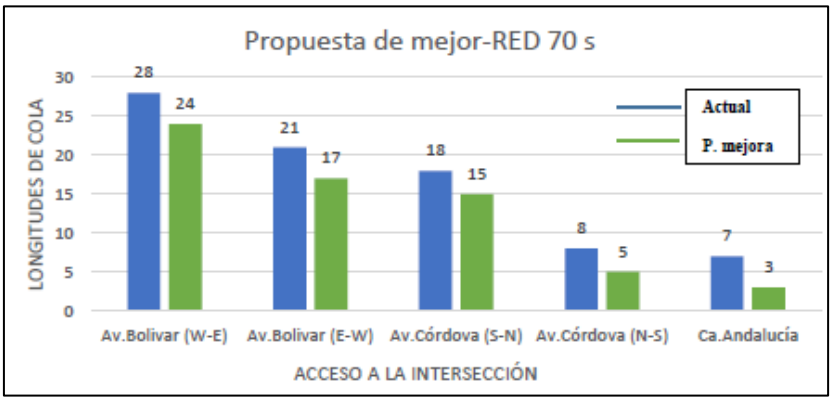



*Figura 14.* Comparación de Longitud de Colas Actual vs. Propuesta 1

*Fuente: Alcalá, M., 2016*

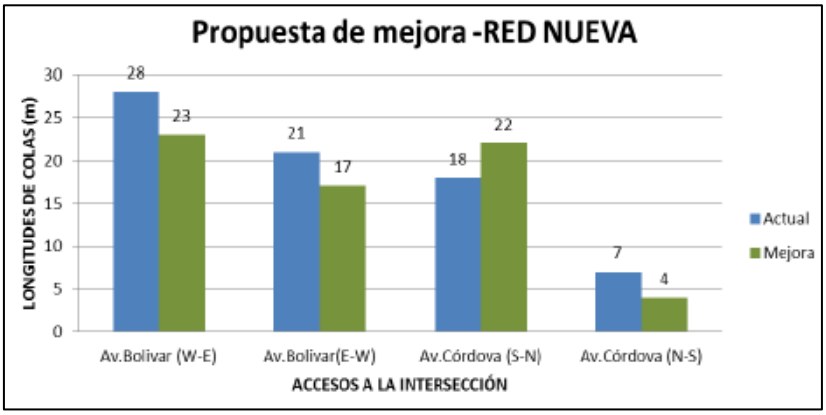



*Figura 15.* Comparación de Longitud de Colas Actual vs. Propuesta 2

*Fuente: Alcalá, M., 2016*

El autor concluye que un incorrecto estudio de tráfico, podría generar deficiencias en el funcionamiento de la intersección, a pesar de contar con un excelente diseño vial (número de carriles, longitud entre ellos, visibilidad para ambos lados); además, concluye que el uso del software Vissim resulta ser muy favorable para el estudio del funcionamiento de la red vial y con resultados de alto grado de precisión, (…), del mismo modo, se logró una mejora en la demora promedio de vehículos "al optimizar el ciclo semafórico, es decir, se logra una reducción de tiempo con apreciables mejoras en los parámetros de eficiencia con respecto a la situación actual" (Ibídem).

Alvarez (2017) sustentó la Tesis titulada "Micro-simulación intermodal en la Ciudad del Cusco empleando los Software Vissim 8 y Viswalk 8" en la Pontificia Universidad Católica del Perú; cuyo objetivo general fue "analizar y evaluar las condiciones de circulación intermodal en una intersección de la ciudad del Cusco, mediante la creación de un modelo microscopico". La intersección modelada está formada por la Avenidas el Sol, Tullumayo, San Martin y Calle Regional (4 ingresos y salidas), tiene una geometría

irregular, lo cual hace necesario el uso de un modelo de microsimualción que incluye a los peatones. Para la modelación de peatones se utilizó el modelo de fuerza social (Social Force Model) que fue desarrollado en la Universidad de Stuttgart por Helbing y Molnar en 1995, esta fuerza está compuesta por 4 vectores de fuerza que son: 1) Fuerza "driving", 2) Fuerza social, 3) Fuerza "wall" y 4) Fuerza "noise" (componente estocástica).

Para el proceso de calibración y validación utilizo el programa StatKey para comparar los resultados de campo de algún parámetro de eficiencia. En la que, se aprecia que la diferencia de medias de las muestras comparadas se encuentra en la zona sombreada de color negro (95% de confiabilidad). Por lo tanto, el estudio afirma que la validación es correcta y que el modelo podría ser utilizado en otros estudios similares.

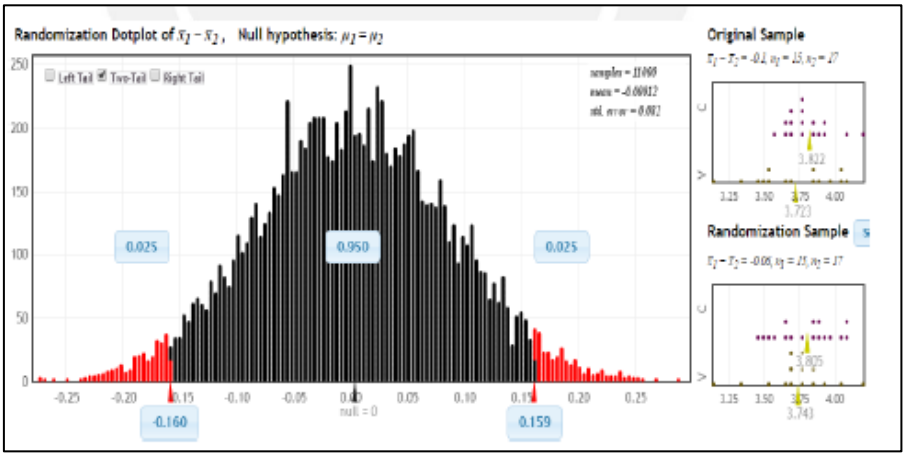



*Figura 16.* Diagrama de validación vehicular

*Fuente: Álvarez, J., 2016*

Álvarez presenta tres posibles propuestas de mejora: 1) construcción de una mini rotonda, 2) cambio de sentido de la calle regional y 3) modificación de las fases y ciclo de los semáforos. Finalmente opto por la tercera alternativa que estará acompañado de cambios en la geometría. A continuación, se presenta una comparación de resultados con la implementación de la alternativa de mejora.

| | Situación actual | Mejoras aplicadas |
|---|---|---|
| Vías | Longitud de cola (m) | Longitud de cola (m) |
| Av. San Martin | 127 | 111 |
| Av. Tullumayo | 86 | 84 |
| Av. El Sol | 16 | 4 |
| Calle Regional | 63 | 60 |

*Figura 17.* Comparación de longitud de cola

*Fuente: Álvarez, J., 2016*

Al final, concluye que después de aplicar las propuestas de mejora simulando por el software Vissim "se mejora el tránsito vehicular, también se logró que la intersección sea más amigable para las personas discapacitadas y el público en general; ya que se

mejoraron los acceso a las islas de protección de peatones para cruzar las avenidas"; así como: "En cuanto a la capacidad de reflejar la realidad que posee los software empleados, es de alta calidad y precisión; ya que calibro el modelo desarrollado los resultados que se obtuvieron de los distintos parámetros de evaluación (tiempo de viaje, longitud de cola, entre otros) presentaron una afinidad a los datos recogidos asombrosa" (Ibídem).

De los antecedentes mencionados, se infiere que la microsimulación es una herramienta computación ideal para modelar y analizar intersecciones complejas con un análisis de datos con mayor precisión, debido a que los resultados obtenidos reflejan un mayor acercamiento a la realidad. Además, todas las investigaciones resaltan la importancia de cumplir con cada una de las etapas de modelación, en especial la calibración y validación del modelo.

## 2.2 Marco Teórico

El presente capítulo presenta los conceptos de modelación de tráfico, ingeniería de tránsito y de diseño conceptual de vías, que son necesarios para el análisis de la operación de la intersección y el diseño geométrico de la solución de infraestructura vial que se debe plantear para mejorar el nivel de servicio de las intersecciones.

### 2.2.1 Modelo y Sistema.

El modelo es un sistema desarrollado para entender la realidad y en consecuencia para modificarla; no es posible modificar la realidad, en cierta dirección, si no se dispone de un modelo que la interprete (Vargas, 2018). También, es una representación simplificada de un sistema elaborada para comprender, predecir y controlar el comportamiento de dicho sistema (Aguirre, 2018). En caso del presente proyecto, el modelo de microsimulación busca replicar el comportamiento del tráfico en las intersecciones seleccionadas para el posterior análisis. Por otro lado, un sistema es un conjunto de cosas que se relación entre sí, de manera ordenada contribuyen a un determinado objeto (RAE, 2018).

En el presente proyecto, el sistema está conformado por los siguientes elementos: las intersecciones de la Av. Canadá con la Av. Aviación, Av. De la Arqueología y la Av. San Luis, y también de vehículos y peatones, etc. Las intersecciones representan a la geometría de la zona de estudio, y los demás elementos representan los elementos dinámicos del modelo (vehículos, peatones, entre otros).

### 2.2.2 Modelación de Tráfico.

El tráfico, también llamado tránsito vehicular, es aquel que se produce a partir de la existencia de lujo vehicular en vías, calles o autopistas. El flujo puede ocasionar potencialmente la congestión vehicular, el cual se puede corregir mediante el uso de semáforos o señales de reglas de prioridad (Campoverde, 2017). Por ello, corresponde a la ingeniería de tránsito, abordar los problemas generados por el tráfico mediante buen diseño que mejoren el desplazamiento de las personas por el espacio público, tratando en lo posible de reducir la congestión vehicular, riesgo de accidentes, ruido, segregación del entorno, intimidación para usar el espacio público e instrucción visual por vehículos o infraestructuras de transporte (Fernández, 2018).

La modelación nos permite conocer la condición actual de circulación y predecir futuros escenarios de flujo vehicular a través de los parámetros considerados para el estudio.

#### 2.2.2.1 *Tipos de Modelación de Tráfico.*

Existen diferentes modelos que se han empleado para el estudio de diferentes proyectos y se clasifican dependiendo del nivel de análisis y detalle que se quiere lograr. La Figura 18 muestra los principales tipos de modelos que se abarcan en este trabajo. Como se puede observar, en el lado izquierdo se presenta la clasificación debido a su naturaleza, en la parte central se clasifica según el nivel de detalle y, por último, en el lado derecho se clasifica según el nivel de aleatoriedad (dependencia al tiempo y probabilidad).

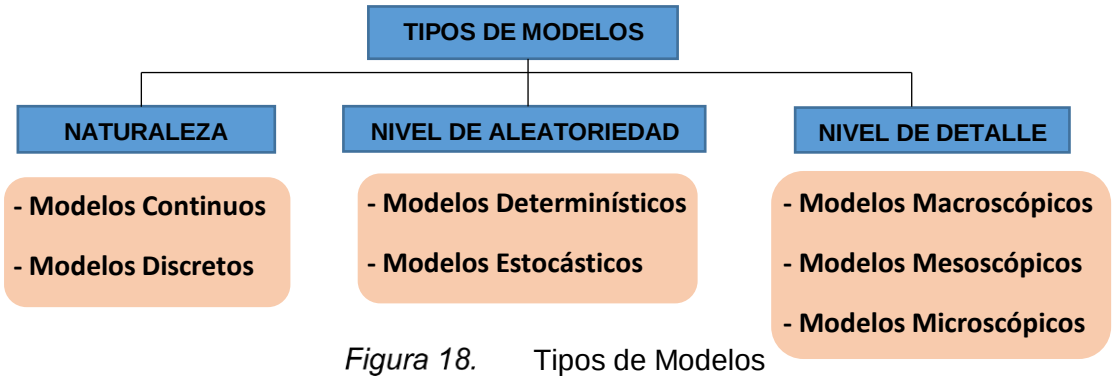



*Figura 18.* Tipos de Modelos

*Fuente: Elaboración Propia*

##### *2.2.2.1.1 Modelos Continuos.*

En este modelo, las variables que se emplean cambian de forma continua, y no de manera abrupta de un estado a otro en un número infinito de estados (Marcio, 2002). Cambian de forma continua con el paso del tiempo. Por ejemplo, los vehículos dentro del flujo de tráfico cambian de posición, de velocidad, etc. (Aguirre, 2018).

*2.2.2.1.2 Modelos Discretos.*

Estos modelos son aquellos en los que las variables que se emplean cambian instantáneamente en instantes separados de tiempo (Aguirre, 2018). Se caracterizan por considerar la simulación, una variación instantánea de los parámetros de estudio para cada intervalo de tiempo. Por ejemplo, el número de vehículos en una determinada hora del día. Asimismo, este modelo toma en cuenta el comportamiento de los conductores que sufren cambios en intervalos de tiempo. Ellos deciden qué acción tomar frente a cada situación en que se encuentren (Fontalvo, 2013).

Posterior al desarrollo de los dos primeros modelos que corresponden a la clasificación según su naturaleza, se debe indicar que las simulaciones realizadas podrán tener distinta naturaleza (discreta o continua), en función a lo que se desea estudiar y se complementarán de manera simultánea según el objetivo del proyecto; además, los modelos también se pueden clasificar por el tipo de evento o aleatoriedad de sus variables, tales como los modelos determinísticos y estocásticos.

*2.2.2.1.3 Modelos Determinísticos.*

Estos son modelos matemáticos donde las mismas entradas producirán invariablemente las mismas salidas, sin tomar en cuenta el principio de incertidumbre. En estos modelos se supone que los datos son conocidos con certeza, ósea, cuando el modelo sea analizado, se tiene toda la información necesaria para la toma de decisiones (Deudes, Vivas, & Boneth, 2018). Se basan en un estudio analítico, donde las ecuaciones matemáticas que no varían en relación al tiempo rigen el modelo; es decir, no dependen de la incertidumbre. Por ello, se obtienen los mismos resultados para los mismos datos de entrada dentro del análisis del proyecto. El software más común que sigue el análisis de este tipo de modelo es el SYCNHRO (Alcalá, 2016).

*2.2.2.1.4 Modelos Estocásticos.*

Por el contrario, al modelo determinístico, el estocástico que también es conocido como modelos probabilísticos, algunos elementos tienen cierto grado de incertidumbre. Por tal razón, se genera un conjunto de respuestas cuando se utiliza en un estudio (Aguirre, 2018). Por ello, este tipo de modelos, generalmente sirven para hacer grandes series de muestreo y son muy utilizados en investigaciones científicas. Las simulaciones desarrolladas por los softwares que se basan en configuraciones matemáticas, estos se asocian a los modelos estocásticos y los resultados que se obtiene son empleados para estimar el comportamiento real del sistema. El software Vissim es un programa que maneja este modelo (Alvarez, 2017).

*2.2.2.1.5 Modelos Macroscópicos.*

La principal característica de estos modelos es la representación continua del flujo de tránsito, se refiere a medidas generales como la relación entre flujo, velocidad y densidad del flujo vehicular en forma genérica (Suárez, 2007). Si bien es cierto que en este tipo de modelo el nivel de detalle no es muy profundo, pero gana en habilidad para tratar los problemas de gran magnitud en cuanto a eficiencia, ya que implica un menor tiempo de análisis.

*2.2.2.1.6 Modelos Mesoscópicos.*

Estos modelos siguen una metodología que consiste en simular pelotones de vehículos como si fueran uno solo, mientras que los giros, tiempos de entrada, tiempos de salida son determinados por el mecanismo de manera singular. Este modelo abarca algunas características de los modelos macroscópicos y microscópicos (Fontalvo, 2013). Sin embargo, el comportamiento del conductor ni los vehículos son distinguidos ni descritos de manera individual, si no, en términos con funciones de distribución de probabilidad. Estas distribuciones dependen de la aceleración, interacción entre vehículos, cambio de carril, etc. que describirán el comportamiento del conductor (Holgado, 2012).

*2.2.2.1.7 Modelos Microscópicos.*

El modelo microscópico analiza el comportamiento de cada vehículo y conductor de manera individual, integrando los datos de cada vehículo, se puede obtener información del tráfico de las vías en su totalidad (Holgado, 2012). Este modelo sigue la metodología que se basa en la teoría de seguimiento vehicular bajo una distancia segura deseada y cambio de carril que describe el comportamiento del vehículo con respecto a la conducta del tránsito lateral. Estos modelos son de clasificación estocástica por naturaleza, por ello representan la conducta del conductor en condiciones de tránsito real. Por lo tanto, permiten simular operaciones de tránsito con gran exactitud pero que requieren entradas y tiempos de ejecución extensos para su aplicación (Suárez, 2007).

En la Figura 19 se muestra el ejemplo de estrategias de simulación del tráfico, se observa gráficamente las diferencias entre los modelos microscópicos, mesoscópicos y macroscópicos.

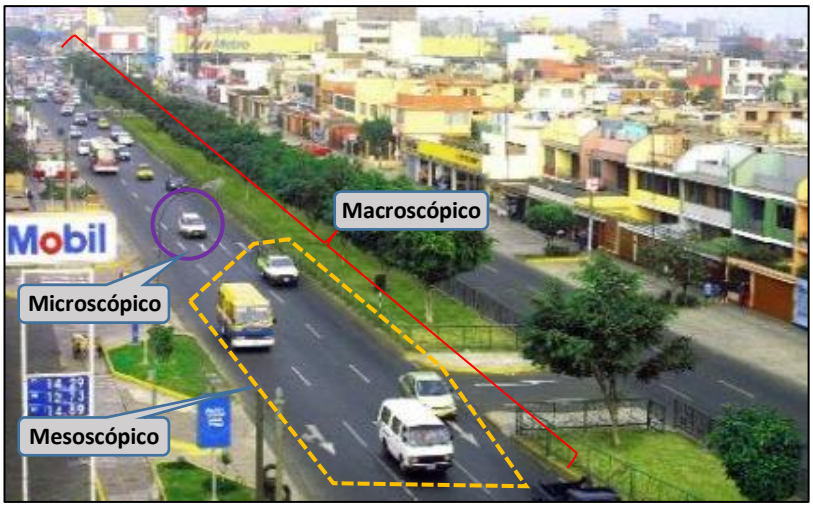



*Figura 19.* Tipos de Simulación del Trafico

*Fuente: Elaboración Propia*

### 2.2.3 Microsimulación de Tráfico.

Los modelos de microsimulación se han usado con mayor frecuencia en los últimos años. En especial, en el área de ingeniería de tránsito se fue utilizando para estudiar y analizar el comportamiento tráfico y presentar alternativas de solución para los diferentes problemas identificados. La microsimulación de tráfico permite analizar a cada vehículo como un objeto independiente que forma parte del flujo de tráfico (sistema) y, por lo tanto, puede interactuar con los demás componentes del sistema, por ejemplo, los demás vehículos (Salvador & Robusté, 2000). El programa Vissim es uno de los programas que está basado en un modelo de microsimulación de tráfico, por lo tanto, su análisis permite hacer una evaluación más precisa y detallada, con el cual es posible identificar los potenciales problemas que se presentan en un estudio. Cabe precisar que el modelo microscópico está referido a un análisis profundo del funcionamiento del tráfico y no a un alcance geográfico del área de estudio.

### 2.2.4 Fundamentos de la Microsimulación.

Para poder modelar el tráfico de manera microscópica es necesario conocer sus conceptos fundamentales para llegar al objetivo exitosamente, estos conceptos son la aleatoriedad del modelo, tiempo de estabilidad (warm up), la interacción vehicular, la calibración y la validación.

#### 2.2.4.1 *Nivel de Aleatoriedad en el Flujo de Tráfico.*

El nivel de aleatoriedad en un flujo de tráfico se relaciona directamente con sus parámetros, debido a que refleja el comportamiento y funcionamiento del tránsito que se estudia. Esta aleatoriedad se presenta en forma estocástica y determinística (Alvarez, 2017). Entre las manifestaciones estocásticas y determinísticas existe una diferencia

bien delimitada, el primero, asigna una determinada característica propia en referencia al tipo de manejo de los conductores y vehículos en base a distribuciones estadísticas. Por el contrario, en el segundo no se presenta variación en las características de los conductores ni en los vehículos (estilo de manejo de los conductores o la misma longitud que cuentan los vehículos).

#### 2.2.4.2 *Número de Semillas.*

Para el análisis de los modelos de simulación se debe utilizar números aleatorios que se generen a partir de un valor inicial único, conocido como "semilla" dentro de cada análisis con la finalidad de reducir al máximo los errores en la simulación aleatoria (Weinstein et al., 2003). Este número aleatorio será representado mediante el tipo de vehículo (camionetas, buses, camión, etc.) y comportamiento de los conductores (agresivo, amable, etc.) con una determinada característica. Cuando se modifique el número denominado "semilla aleatoria", donde en el programa Vissim se identifica como "Random Seed", estos parámetros podrán variar generando diferentes patrones de comportamiento y flujo vehicular, esto se refleja en la secuencia de decisiones frente a situaciones específicas

#### 2.2.4.3 *Número de Corridas.*

Con el número semilla asignado, se realizará la evaluación y el análisis del modelo microscópico, por ello, el número de semillas está directamente relacionado con el número de corridas; ya que este se encarga de que cada corrida realizada varié de cualquier otra que se haya realizado. En cada análisis del modelo microscópico, los resultados normalmente se encuentran en un rango cercano al promedio de las respuestas alcanzadas en las corridas. Debido a que, cada corrida es distinta, se deberá validar los resultados por medio un número mínimo de corridas (Fellendorf & Peter, 2010). Se deberá hacer un estudio estadístico, para ello se toma una parte representativa de la población que es conocida como "muestra", esta debe ser heterogénea y sin tendencias de ninguna clase; de tal forma que, mientras mejor represente la muestra a la población, los resultados serán mejores a la hora de extrapolarlos a la población total. Un tamaño de muestra demasiado grande representa un desperdicio de recursos (material y humano), por lo contrario, un tamaño de muestra demasiado pequeño es un desperdicio de esfuerzo, pues esta, no detecta un efecto significativo o tiene menor probabilidad de hacerlo (Valdivieso et al., 2011).

Por último, para realizar un análisis estadístico de acuerdo a un nivel de confiabilidad y margen de error, se requiere de las siguientes ecuaciones.

Ecuación 1: Desviación Estándar de Muestra

$$S^2 = \frac{\sum(x - \bar{x})^2}{N - 1}$$

Donde:

S: Desviación estándar

x: Resultado del parámetro de eficiencia en una corrida especifica

$\bar{x}$: Media del parámetro en todas las corridas

N: Número de corridas

La entidad norteamericana Federal Highway Administration (FHWA) recomienda emplear la distribución "T student" con la finalidad de obtener el mínimo número de corridas, para ello, es necesario la aplicación de las siguientes expresiones:

Ecuación 2: Intervalo de Confianza

$$CI_{(1-\propto\%)} = 2 * t_{(\propto/2),N-1} * \frac{S}{\sqrt{N}}$$

Donde:

CI: Desviación estándar

S: Desviación estándar

N: Número de corridas

$t_{(\propto/2)}$: t-student con N-1 grados de libertad

De acuerdo a estudios realizados por la FHWA (2004), el número de corridas se calcula con la siguiente expresión:

Ecuación 3: Número Mínimo de Corridas

$$N = (t_{(\propto/2)} * \frac{S}{e})^2$$

Donde:

N: Número mínimo de corridas

S: Desviación estándar

e: Margen de error

$t_{(\propto/2)}$: t-student con N-1 grados de libertad

La *FHWA* sugiere seguir el este proceso de análisis para determinar el número mínimo de corridas: Primero, se debe evaluar el modelo escogido bajo un número mínimo de 4 corridas. Posteriormente, se obtiene los parámetros estadísticos de los resultados (desviación estándar, la media, etc.). De la misma manera, es importante establecer el

margen de error y nivel de confiabilidad. Después de establecer estos detalles, la Ecuación 3 es utilizada para determinar el número mínimo de corridas.

El proceso culmina con el cálculo de las repeticiones mínimas utilizando la Ecuación 3, que luego se compara con el numero ce corridas del modelo. De esta surgen dos posibles alternativas: 1) si el número de corridas ejecutadas es superior al mínimo, esta es suficiente. 2) Contrariamente, se volverá a repetir el proceso y volver a medir los parámetros estadísticos de la nueva muestra, este procedimiento se continúa hasta obtener un número de corridas mayor al mínimo.

A continuación, se presenta un esquema para facilitar la comprensión de proceso desarrollado.

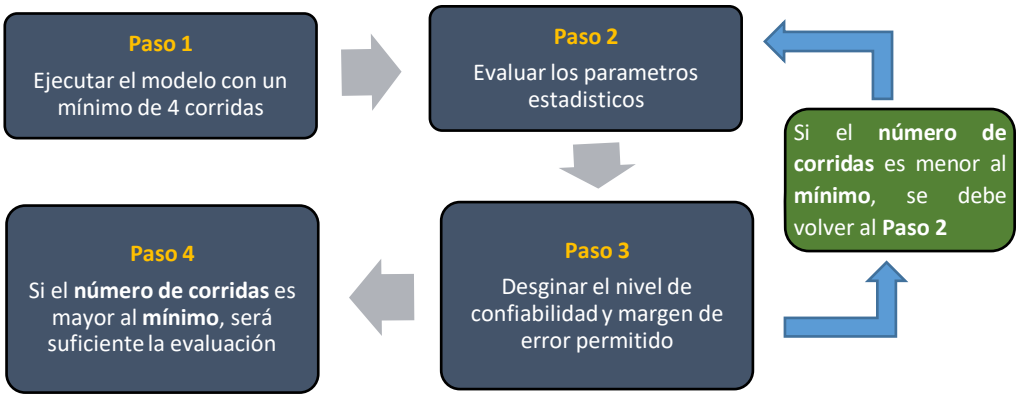



*Figura 20.* Procedimiento para determinar el número de corridas

*Fuente: Adaptado de FHWA, 2004*

#### 2.2.4.4 ***Tiempo de Estabilidad (Warm Up).***

El tiempo de estabilidad (warm up) es el tiempo en el cual, el flujo de tráfico de la simulación alcanza un equilibrio, ya que, al empezar a correr el modelo, todavía no hay ningún vehículo en la vía; el número de vehículos va aumentando hasta llegar a la estabilidad. A partir, de ese momento, es posible la recolección de datos estadísticos del modelo. Los resultados de los parámetros de eficiencia serán analizados, por ejemplo, la longitud de colas, tiempo de viaje, demora, etc. (Dowling et al., 2004).

La Figura 21 muestra un ejemplo del tiempo de estabilización del modelo, se observa el incremento de la entrada vehicular en relación al paso del tiempo hasta el instante de equilibrio, en la cual, la curva de incremento tiende a ser una constante. El tiempo necesario para lograr esta estabilidad, será el valor numérico del warm up.

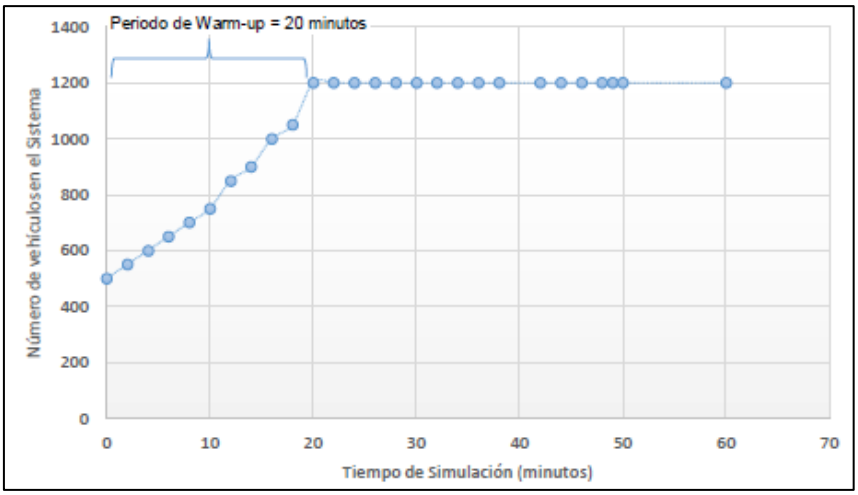



*Figura 21.* Ejemplo del tiempo de estabilización del modelo "warm up"

*Fuente: Adaptado de FHWA, 2004*

La FHWA ha realizado estudios con las cuales concluyó que el tiempo de estabilización (warm up) para los modelos debe ser de 10 minutos de simulación como mínimo.

#### 2.2.4.5 ***Interacción Vehicular.***

La interacción entre vehículos dentro de la red de flujo vehicular es una característica esencial de los modelos microscópicos. Se realiza mediante los modelos de seguimiento vehicular y cambio de carril (Fellendorf & Peter, 2010). Para el primer modelo (seguimiento vehicular), se considera varios parámetros como la distancia segura, la velocidad, aceleración y deceleración, entre otros. Por otra parte, el segundo modelo (cambio de carril) domina la necesidad propia de realizar el cambio de carril. Este acto, se da por el comportamiento del conductor que se refleja en el estilo de manejo o por el deseo de adelantar a un vehículo más lento (PTV-GROUP, 2017).

#### 2.2.4.6 ***Calibración del Modelo.***

La calibración es un proceso iterativo, donde los parámetros del modelo son ajustados con la finalidad de asegurar la correcta modelación y que este refleje adecuadamente la realidad modelada (Siddharth & Gitakrishnan, 2013). La calibración se realiza a través de análisis comparativo de los parámetros de eficiencia que se obtiene del software y los valores obtenidos en campo.

Los parámetros que pueden ser calibrados son la longitud de colas, velocidad, tiempo de viaje, entre otros. (Dowling et al., 2004).

#### 2.2.4.7 ***Validación del Modelo.***

El proceso de validación consiste en verificar si el modelo efectuado, tiene los requerimientos suficientes para considerar valido la evaluación de resultados. La calibración del modelo se logra ingresando nuevos datos de entrada (volumen,

composición vehicular, etc.) de campo (Siddharth & Gitakrishnan, 2013). Finalmente, para considerar que el modelo esta validado, los valores entre el software y resultados de campo deberán ser semejantes (Benekohal, 1991).

### 2.2.5 Modelos de Seguimiento Vehicular (Car Following).

Este modelo se basa en la influencia que tiene la interacción entre el vehículo líder y el seguidor, el vehículo que va adelante se le considera "líder", mientras que al que transita detrás se considera "seguidor". Para el desarrollo de esta teoría, se han tomado en cuenta diversos modelos que tienen un enfoque en la dependencia entre dos vehículos. A continuación, se nombre algunos de estos modelos: modelo de la General Motor, modelo de Gipps (distancia segura) y modelo de Wiedemann.

A continuación, se desarrolla cada uno de estos modelos a detalle.

#### 2.2.5.1 *Modelo de la General Motor.*

Este modelo considera que el movimiento de un vehículo se rige por una ecuación análoga a la Ley de Movimiento de Newton. En la mecánica newtoniana, la aceleración puede considerarse como la respuesta a un estímulo que recibe en forma de fuerza que incluye tanto la fuerza externa como las que surgen de la interacción con otros vehículos dentro del flujo vehicular. Por lo tanto, la filosofía de este modelo se resume en la siguiente relación (Mathew & Krishna, 2018).

Ecuación 4: Respuesta del Vehículo Seguidor

$$\boldsymbol{R_{(t+T)} = S_{(t)} * \beta}$$

Donde:

R: Respuesta del vehículo seguidor
S: Estímulo
β: Función de sensibilidad
t: Tiempo de reacción

Los estímulos pueden ser por ejemplo un cambio de velocidad o distancia con respecto al vehículo que antecede. La sensibilidad se entiende como el tiempo de reacción o percepción del vehículo que sigue. Finalmente, la reacción, es la variación en la tasa de aceleración o deceleración (Zúñiga, 2010).

#### 2.2.5.2 *Modelo de Gipps (Distancia Segura).*

El modelo Gipps fue desarrollado en Australia en el año 1981, este modelo adopta un criterio de seguridad para evitar una colisión entre dos vehículos (líder y seguidor), de modo que estos vehículos especifican una distancia de seguridad en función al diferencial de velocidades y tiempo que le toma reaccionar al vehículo "seguidor"

(Zúñiga, 2010). Gipps (1981) Desarrolló un modelo que consta de dos componente (aceleración y deceleración), utilizando varibales que se relacionan directamente con el comportamiento del conductor y vehiculo. Se asume que si el vehiculo “seguidor” no se ve afectado por el vehiculo “lider”, la aceleración debería aumentar apartir del incremento de la velocidad y luego disminuir a cero a medida que el vehiculo se acerca a la velocidad deseasa. La limitación de la velocidad deseada a partir de los datos de campos se presenta en la siguiente expresión (Zheng et al., 2018).

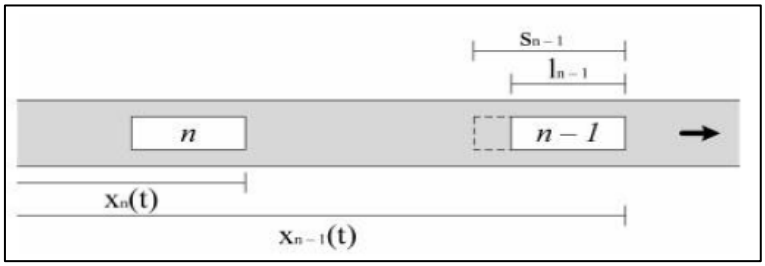



*Figura 22.* Modelo Gipps

*Fuente: Nerem, 2013*

Ecuación 5: Conducción libre

$$v_n^a(t+T) = v_n(t) + 2.5a_nT\left(1 - \frac{v_n(t)}{v_n}\right)\sqrt{0.025 + \frac{v_n(t)}{v_n}}$$

La limitación de velocidad que puede evitar la colisión, cuando el vehiculo “lider” frene y redusca de velocidad, se deriva en la siguiente ecuación de movimiento.

Ecuación 6: Seguimiento vehicular

$$v_n^b(t+T) = b_n(T) + \sqrt{b_n^2T^2 - b_n\left[2[X_{n-1}(t) - S_{n-1} - X_n(t)] - v_n(t)T - \frac{v_{n-1}t^2}{\hat{b}}\right]}$$

Combinanado la Ecuación 5 y la Ecuación 6, la velocidad de vehiculo “n” en un tiempo (t+T) esta expresado por:

Ecuación 7: Velocidad deseada final

$$v_n(t+T) = min\{v_n^a(t+T), v_n^b(t+T)\}$$

Donde:

T: Tiempo de reacción.

$a_n$: Máxima aceleración del vehículo “n”.

$b_n$: Máxima deceleración del vehículo “n”.

$v_n$: La velocidad deseada del vehículo “n”.

b: La más severa deceleración del vehículo “n-1” según lo estimado por el vehículo “n”.
Sn-1: Representa al tamaño efectivo del vehículo “n-1” (incluye la longitud física del vehículo “n-1” y un margen de seguridad, donde el conductor del vehículo “n” no está dispuesto a involucrarse incluso estando en reposo).

$X_n(t)$: Ubicación de la parte delantera del vehículo “n” en el momento t.
$v_n(t)$: Velocidad del vehículo “n” en el tiempo t.

#### 2.2.5.3 *Modelo de Wiedeman.*

El software Vissim utiliza el modelo de comportamiento psicofísico del conductor desarrollado por Wiedemann (1974). El vehiculo “seguidor” sigue al vehiculor “lider” en un proceso de oscilación. Cuando un vehiculo se aproxima con mayor velocidad hacia otro de mas lento en un solo carril se ajusta su distancia de separación. El punto de acción o reacción consiente depende del diferencial de velocidades, el comportamiento del conductor y la distancia. Este modelo se enfoca en la influencia del vehiculo lider “lider” , incluyendo el frenado; ya que, movimiento longitudinal de los vehiculos estan influenciados por el vehiculo que esta al frente (Suárez, 2007).

El comportamiento humano sigue una distribución natural, ya que cada conductor tiene diferentes habilidades de percepción y estimación, distancias de seguridad, velocidad deseada, y en la aceptación de las aceleraciones y deceleraciones maximas; estos valores indican el nivel de agresividad del conductor. La percepción y reacción estan representadas por un conjunto de umbrales y distancias deseadas, estos umbrales representan diferentes áreas que estan conectadas a diferentes situaciones de la interacción del vehiculo “lider” y “seguidor”.

| ÁREA | DESCRIPCIÓN |
|---|---|
| **Conducción libre** | El conductor busca adquirir y mantener una cierta velocidad, en otras palabras, su velocidad deseada. En esta fase, no existe interacción entre el vehículo "líder" y "seguidor". |
| **Aproximación** | El conductor del vehículo "seguidor” trata de adaptar su velocidad a la velocidad más baja del vehículo "líder”. Se produce una deceleración del vehículo "seguidor” de tal manera, que la diferencial de velocidades sea cero, al alcanzar la distancia de seguridad deseada. |
| **Seguimiento** | El conductor escolta al vehículo antecesor sin ninguna muestra de aceleración o deceleración que sea perecible. El conductor del vehículo "seguidor" mantiene una distancia de seguridad deseada que tiende a ser constante. |
| **Frenado o Deceleración** | Al aplicarse una deceleración considerable, se verifica si la distancia está por debajo de la distancia de seguridad deseada. Esto puede suceder en caso el vehículo que precede cambie su velocidad de manera brusca o si un tercer vehículo cambia de carril en frente del conductor analizado. |

Tabla 1. Situaciones (áreas) empleadas en el modelo de Wiedemann

*Fuente: Adaptado de Fellendorf & Peter, 2010*

Por lo tanto, el proceso de conducción se asocia a las diferentes áreas de acuerdo a las condiciones dadas. Ver la Figura 23.

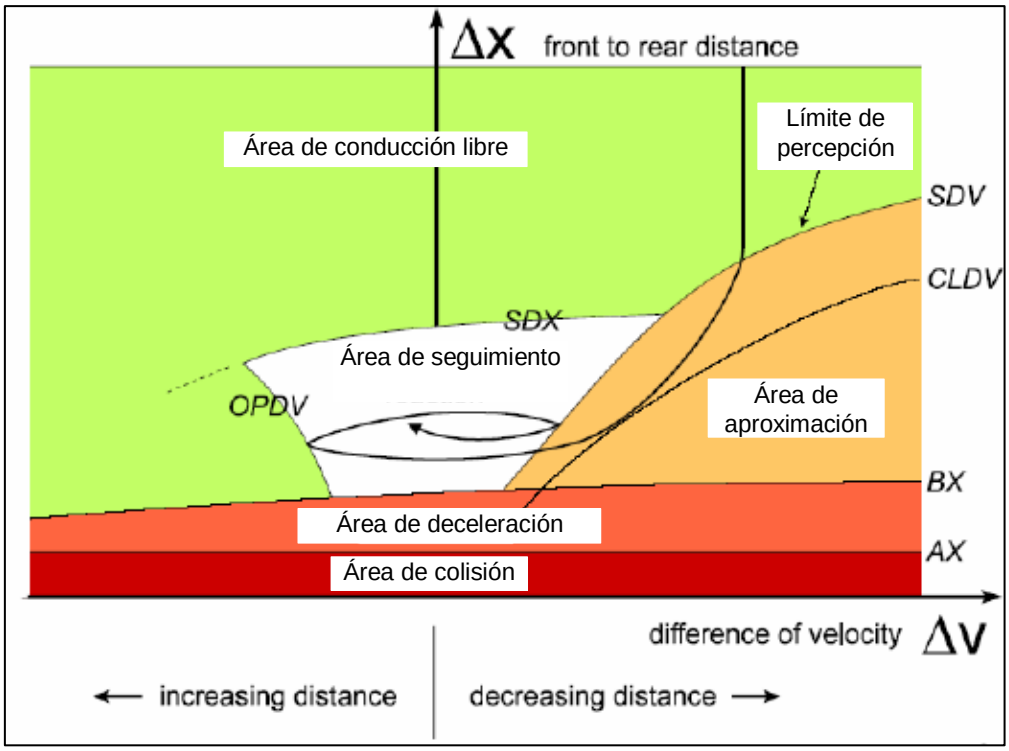



*Figura 23.* Modelo de la lógica de seguimiento vehicular de Wiedemann

*Fuente: Adaptado del Manual de Vissim PTV América, 2017*

### 2.2.6 Modelos de Cambio de Carril.

El modelo de cambio de carril se basa en las decisiones que toma cada conductor en un determinado instante de tiempo, evaluando si es conveniente mantener el mimo carril o cambiar de carril de tal manera que le permita mejorar su velocidad, evitar obstáculos o situarse correctamente para girar al final de un tramo (Canca & Muñuzuri, 2018). Este modelo diferencia dos tipos de cambio de carril, el primero, cuando el cambio de carril es obligatorio y segundo, cuando el cambio de carril libre.

- **Cambio de carril necesario:** Este tipo de cambio de carril, se da cuando el conductor tiene la obligación o necesidad de seguir una ruta asignada. Para un mayor entendimiento ver la Figura 24, donde se muestra que un vehículo se coloca en la parte extrema del carril izquierdo con el fin de ir hacia la salida, ese vehículo está obligado a cambiar de carril (Iftekhar, 1991). El software de micro simulación emplea parámetros necesarios para que este cambio sea posible. Por ejemplo, cuando un vehículo quiere cambiar de carril, se detiene el vehículo que es sobrepasado (Suárez, 2007).
- **Cambio de carril libre:** Este tipo de cambio de carril, se da cuando el conductor desea alcanzar la velocidad deseada (Canca & Muñuzuri, 2018). En el caso del software Vissim, este chequea la distancia de seguridad

deseada del vehículo que quedará atrás en el nuevo carril, esta distancia depende de la velocidad del este vehículo y del vehículo que desea cambiar de carril (Suárez, 2007). Ver la Figura 25 para ver una ilustración de lo explicado.

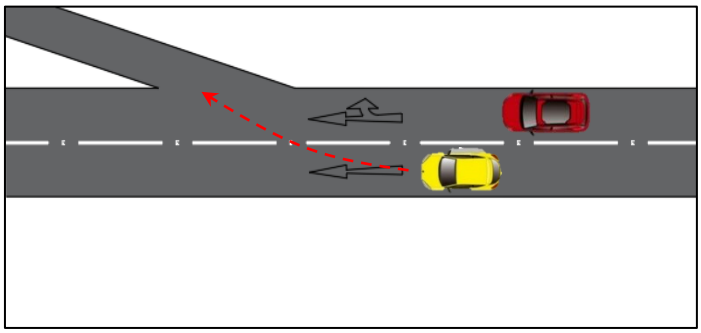


*Figura 24.* Cambio de carril obligatorio o necesario

*Fuente: Adaptado del Manual de Vissim PTV América, 2017*

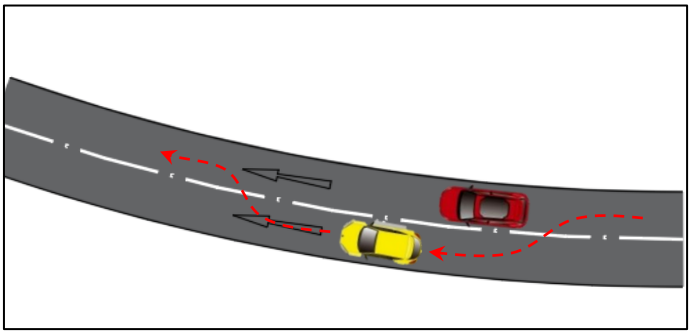


*Figura 25.* Cambio de carril libre

*Fuente: Adaptado del Manual de Vissim PTV América, 2017*

### 2.2.7 Microsimulación Peatonal.

Para la incorporación de peatones en el modelo de microsimulación, es necesario tener en cuenta que, a diferencia de los vehículos, los peatones se pueden movilizar en cualquier dirección. Por tal razón, se requiere otro modelo de movimiento para peatones que busque representar sus acciones e interacciones. El movimiento de los peatones se basa en el Modelo de Fuerza Social (Helbing & Molnár, 1995). El Grupo PTV ha desarrollado el programa Viswalk que viene acompañando al programa Vissim. El Viswalk permite hacer la microsimulación peatonal, además, permite la interacción con otros peatones, vehículos, motocicletas, entre otros (PTV-GROUP, 2017).

El modelo de Fuerza Social está basado en la suma de vectores fuerza que actúan sobre el peatón (Ver Figura 26). La resultante describe la motivación de moverse del peatón. La Ecuación 8 muestra esta relación.

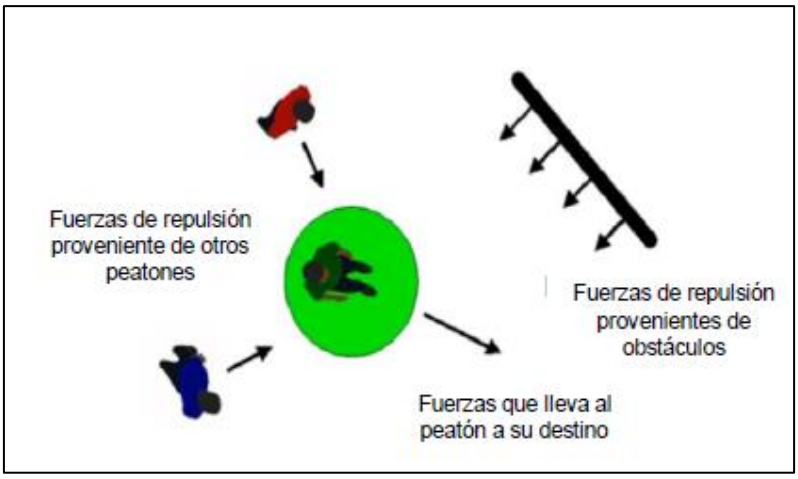



*Figura 26.* Modelo de fuerza social

*Fuente: Álvarez, J., 2016*

Ecuación 8: Modelo de fuerza social

$$\overline{\boldsymbol{F}} = \overline{\boldsymbol{F}}_{\boldsymbol{driving}} + \overline{\boldsymbol{F}}_{\boldsymbol{wall}} + \overline{\boldsymbol{F}}_{\boldsymbol{noise}} + \overline{\boldsymbol{F}}_{\boldsymbol{social}}$$

Donde:

$\bar{F}$: Fuerza social.

$\bar{F}_{driving}$: Lleva al peatón a su destino.

$\bar{F}_{wall}$: Repulsión contra obstáculos del camino.

$\bar{F}_{noise}$: Componente estática.

$\bar{F}_{social}$: Repulsión contra otros peatones.

### 2.2.8 Intersecciones Viales.

De acuerdo al Manual de Diseño Geometrico de Carreteras del MTC (DG-2018). Las intersecciones viales pueden ser a nivel o desnivel. Una intersección a nivel del suelo permite el cruce de dos o más carreteras, que contienen áreas comunes o compartidas que incluyen las calzadas, con la finalidad de que los vehículos puedan realizar todos los movimientos necesarios de cambios de trayectoria. Las intersecciones a nivel son elementos de discontinuidad, por representar situaciones críticas que requieren tratamiento específico, teniendo en consideración que las maniobras de convergencia, divergencia o cruce no son usuales en la mayor parte de los recorridos. Las intersecciones, deben contener las mejores condiciones de seguridad, visibilidad y capacidad, posibles.

### 2.2.9 Estudio de Tráfico.

#### 2.2.9.1 *Estudio de Volúmenes.*

El volumen de tránsito es el número de vehículos que pasa a través de una sección fija de una vía por unidad de tiempo.

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

Donde:

$Q$ = Vehículos que pasa por unidad de tiempo (veh/h, veh/día).

N = Número total de vehículos que pasa por una sección fija.

T = Periodo determinado (año, mes, día).

El volumen medio diario anual (IMDA) es el número de vehículos que pasan por una sección durante un año dividido entre 365 días.

#### 2.2.9.2 *Capacidad Vial*

De acuerdo al Highway Capacity Manual (2010), la capacidad vehicular es la máxima cantidad de vehículos que pasa por unidad de tiempo por una o más secciones de una infraestructura vial considerando las condiciones de tránsito y características del elemento. Cada elemento de infraestructura vial tiene un máximo que depende del tipo de elemento que sea unidireccional o bidireccional, velocidad de diseño, ancho de calzada, características geométricas.

#### 2.2.9.3 *Densidad*

La densidad es el número de vehículos que ocupa cierta longitud dada de una carretera o carril y generalmente esta expresa como vehículos por kilómetro.

$$D = \frac{\vartheta}{V}$$

Donde:

$\vartheta$ = Razón de flujo (veh/h).

V = Velocidad promedio de viaje (km/h).

D = Densidad (veh p/Km/carril).

#### 2.2.9.4 *Nivel de Servicio.*

Los niveles de servicio son indicadores de las diferentes condiciones de operación que presenta un carril, son medidas cualitativas que describen las condiciones de operación de un flujo vehicular, estos dependen de la calidad de los factores que afectan el tránsito en la vía, tales como la interrupción de tránsito o restricciones, velocidad y tiempo de recorrido, libertad para maniobrar, mantenimiento de velocidad de operación, seguridad entre otros (Moreno, 2013).

El HCM define seis Niveles de Servicio, que van desde la A hasta la F, para cada medida de servicio, o para el resultado de un modelo matemático basado en múltiples medidas de servicio (Sabando, 2014).

Para determinar los niveles de servicio, según el HCM se deben tomar en cuenta factores como la libertad de maniobra del conductor y la proximidad de otros vehículos, estas características se relación con la densidad de tráfico, por ello se utiliza la demora para determina los niveles de servicio.

| NIVEL DE SERVICIO (NDS) | DEMORA (seg) |
|---|---|
| A | 10 |
| B | 10 - 20 |
| C | 20 - 35 |
| D | 35 - 55 |
| E | 55 - 80 |
| F | >80 |

Tabla 2. Detalle de Niveles de Servicio

A continuación, se muestra la representación gráfica de los niveles de servicio de una vía.

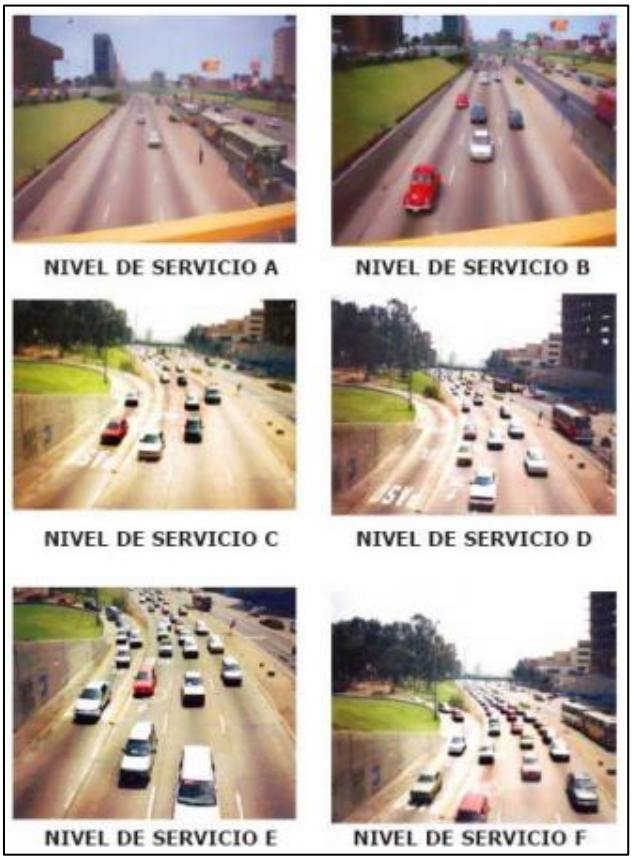



*Figura 27.* Interpretación gráfica de los niveles de servicio en una vía

*Fuente: Manual VCHI de diseño gométrico de vías urbanas, 2005*

# Capítulo 3: Software PTV Vissim 10.0

## 3.1 Introducción

Es un software basado en un modelo de microsimulación que se desarrolló con la finalidad de modelar el tránsito urbano y operaciones del transporte público, Vissim contempla es su análisis la configuración de carriles, composición del tránsito, semaforización, reglas de prioridad, etc. Convirtiéndose en una herramienta potencial para la evaluación de alternativas basadas en el diseño y planificación del tránsito y transporte (Fontalvo, 2013).

Este programa permite representar la interacción de todos los usuarios de la vía pública. Entre ellos se encuentran los vehículos, ciclistas, peatones, entre otros. Para ello, se realizan asignaciones individuales de cada uno de ellos para hacer una modelación de la realidad.

## 3.2 Antecedentes de Vissim

Término proveniente de la frase alemana “Verkehr in Städten - Simulation”, que traducido representa “Simulación del tránsito en las ciudades”. Este modelo fue desarrollado por la Universidad de Karlsruhe en Alemania en los años 70. En 1973 se empieza a comercializar y a distribuir por PTV American Icn. EN 1995 se aplicó por primera vez en Norte América en Eugene, Oregon (Suárez, 2007). Actualmente, la empresa PTV Group dispone de la versión 9.0. Además, en algunos países, se tiene la última versión 10.0 que es una versión mucho más completa y en la actualidad ya lidera el mercado en cuanto a programas de microsimulaciones para estudios del tránsito.

## 3.3 Mecanismo de Funcionamiento

El mecanismo de funcionamiento de Vissim se basado en parámetros psicofísicos del modelo de seguimiento vehicular desarrollado por Wiedemann. Las aplicaciones más comunes que se atribuye son: proyectar el tránsito urbano y operaciones del transporte público, estudio de intersecciones señalizadas y no señalizadas, así como el análisis de la configuración de carriles, composición del tráfico, etc. Vissim es una herramienta potencial para la evaluación y análisis de las alternativas basadas en el diseño y el planeamiento del tránsito y transporte (Fellendorf & Peter, 2010).

El objetivo principal del software es modelar adecuadamente el comportamiento de los usuarios de la vía. Para ello, es necesario tener en cuenta la dinámica seguida por los distintos tipos de vehículos en interacción.

Está basado en dos funciones que están compuestos en su interior, estos son el modelo de flujo de tráfico y el modelo de control de señales. El primero, permite la animación de la circulación de los vehículos y el segundo permite generar internamente archivos de

salida con acumulación de datos estadísticos, estos pueden ser la longitud de cola, tiempo de viaje, entre otros. (Bloomberg & Dale, 2000).

Los resultados de Vissim se usan en la definición de estrategias de control de tránsito mediante semáforos para un óptimo manejo de vehículos, para probar varias disipaciones y asignaciones de cruces complejos, para la ubicación de bahías de paradero de buses de transporte público, la vialidad de paradas complejas, la vialidad de sitios de peaje, de la misma manera para asignar carriles de trenza en zonas de ingreso y salida a la vía, entre otros. (Suárez, 2007). El mecanismo de funcionamiento de Vissim está ligado al modelo de seguimiento vehicular que tiene mayor efecto sobre Vissim, donde se ajustará la separación entre los vehículos cuando un vehículo más veloz se acerque a uno con menor velocidad; Esto se debe a la reacción del conductor que depende de la diferencia de velocidad, distancia y comportamiento. Por otra parte, el modelo de cambio de carril que se verá influenciado por la necesidad del cambio de ruta o dirección de vehículos (Ahmed, 1999).

A continuación, se presentan los componentes presentes en el proyecto: los estáticos y los dinámicos.

## 3.4 Componentes

Existen dos tipos de elementos presentes en estas simulaciones, en función de su naturaleza, estos son los modelos estáticos y los modelos dinámicos.

### 3.4.1 Componente Estático.

Una vía está compuesta de calles que forman intersecciones o cruces de las mismas. Los tramos se pueden descomponer en diferentes tipos de carriles como carriles de doble sentido, carril de frenado y carril de aceleración o deceleración. Las intersecciones permiten los giros y movimientos de los vehículos; los giros representan las posibilidades de desplazamiento de vehículos provenientes de un tramo con destino a otro. Por otro lado, los movimientos representan una desagregación de los giros en la que se incrementa el grado de detalle, identificando las trayectorias que siguen los vehículos al hacer un giro (Fontalvo, 2013). Fontalvo menciona que otro de los componentes estáticos más importantes son las señales de tránsito, ya que influyen en el comportamiento de los vehículos, puesto que reglamentan o persuaden el cumplimiento de determinadas normas. En la Figura 28 se detalla los giros y movimientos en una intersección.

*Figura 28.* Componente estático del modelo, giros y movimientos en una intersección

*Fuente: Adaptado de PTV América, 2017*

### 3.4.2 Componente Dinámico.

Los modelos dinámicos tienen una variación con respecto al tiempo durante la circulación del tráfico. Un ejemplo de estos, son los semáforos ya que afectan considerablemente en el comportamiento del conductor, por lo tanto, afecta el sistema; ya que el nivel de detalle del proyecto estará relacionado con la precisión de estos componentes dinámicos. Estos componentes repercuten de gran manera con la determinación de las interrelaciones existentes entre los diferentes parámetros dentro del modelo microscópico (Narváez & Zapardiel, 2015).

Los componentes dinámicos de mayor importancia van a ser los modelos que representen el comportamiento de los vehículos en la vía como por ejemplo el modelo de aceleración, modelos de cambio de carril, modelo de selección de ruta, modelo de generación de vehículos, modelo de incidencia (Fontalvo, 2013).

## 3.5 Infraestructura del Modelo

La construcción del modelo de microsimulación en Vissim depende del objetivo de análisis que se quiere realizar, por ejemplo, para una evaluación de una señal lógica de activación del tránsito en una intersección, un simple esbozo será suficiente. Sin embargo, para un análisis de operaciones de tráfico y evaluar su comportamiento será necesario hacer una modelación detallada del lugar de estudio, esta deberá estar a escala y seguir una metodología establecida (Fellendorf & Peter, 2010). Las mediciones se logran mediante vistas satelitales, fotografía con drones, importación de imágenes, mediciones en Cad, mediciones manuales, entre otros.

### 3.5.1 Link y Conectores.

La red vial se conforma de los links y conectores, estos elementos representan a los carriles y resultan esenciales para el desarrollo del modelo. El diseño vial está compuesto de estos comandos, que generalmente tiene con nodos ubicados en secciones interrelacionadas y links ubicados a lo largo de los tramos viales (Fellendorf & Peter, 2010). Las situaciones en las que es indispensable el uso de estos elementos pueden ser. 1) cuando se desea fusionar dos o más links, asimismo cuando se requiera hacer un cruce en el modelo, 2) cuando un link se divide entre dos o más en el seguimiento de su ruta y se desea ajuntarlos (uso del conector) y en la presencia de una variación de las características de un tramo de la carretera como la reducción de números de carriles, ancho de carril, etc. (Alcalá, 2016).

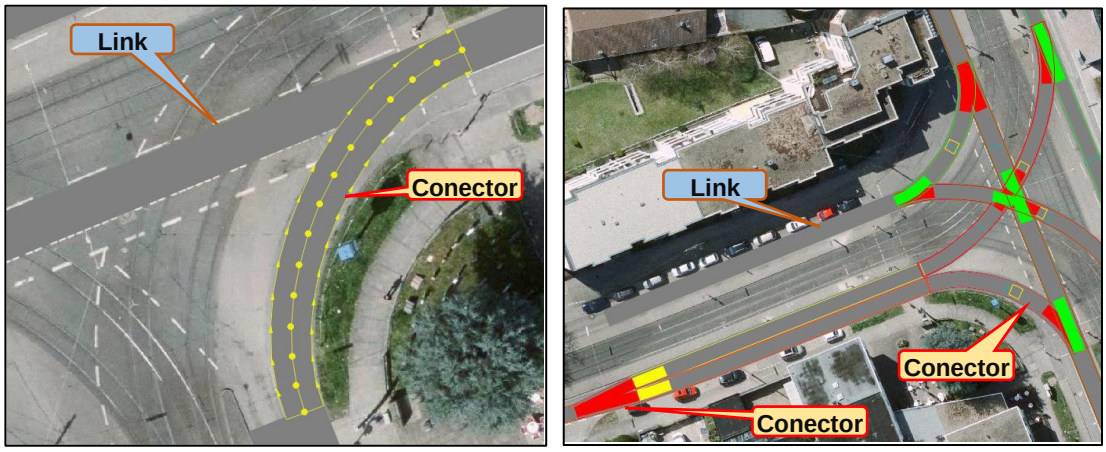



*Figura 29.* Links y conectores del modelo

*Fuente: Adaptado de PTV Vissim first step tutorial ,2017*

### 3.5.2 Otros Elementos de la Modelación.

Vissim cuenta con otros comandos para aumentar el nivel de detalle de la simulación. Primero, la señal del límite de velocidad, el cual indica al vehículo tan pronto llegue a su ubicación inicial, a qué velocidad debe transitar por la vía. Segundo, la prioridad entre usuarios, en la cual se identifican los vehículos con mayor prioridad a comparación de otros (prioridad de paso de una vía principal con respecto a una vía secundaria). Finalmente, los semáforos dentro del modelo que son ejecutados con el comando "signal head" en el programa Vissim (Alvarez, 2017).

Existe muchos otros comandos secundarios como área de reducción de velocidad, paraderos, zona de conflicto, entre otros.

## 3.6 Control de Tráfico

### 3.6.1 Intersecciones Semaforizadas.

La modelación de intersecciones semaforizadas se caracteriza por la aplicación de controladores de señales “signal group”, estas son empleadas con la finalidad de controlar el funcionamiento del tráfico de la intersección semaforizada.

Dentro del modelo, los semáforos son representados por un grupo de señales “signal head” que caracterizan a los semáforos, estos emplean las fases de tiempo: rojo, verde y ámbar en su versión clásica (Fellendorf & Peter, 2010); sin embargo, cuando la intersección es compleja, permite incorporar fases diferentes como el tiempo “todo rojo”. En la Figura 30 se muestra la modelación de una intersección semaforizada.

*Figura 30.* Modelación de una intersección semaforizada

*Fuente: Elaboración propia*

### 3.6.2 Intersecciones no Semaforizadas.

A diferencias de la modelación de intersección semaforizadas, este tipo de intersecciones son modeladas mediante reglas de prioridad “priority rules” entre conectores y vías, donde los vehículos hacen su recorrido. Esto se aplica a todas las situaciones donde los vehículos en diferentes links o conectores deben reconocer a otros. Las reglas de prioridad son usadas para modelar las siguientes situaciones: a) cuando el flujo vehicular prioritario deberá ser el de la derecha, b) cuando los vehículos que ingresan a una rotonda debe dar prioridad de paso al tráfico dentro de la rotonda, c) cuando el flujo vehicular en una carretera que concluye debe dar prioridad de paso al tráfico en la carretera que continua y d) en la unión de zonas donde el flujo vehicular que ingresa de una rampa debe dar prioridad de paso al flujo vehicular de la vía principal.

Un ejemplo claro es cuando el vehículo de la avenida principal (1) debe tener prioridad de paso en relación al vehículo de la vía secundaria (2). Por ende, el vehículo 2 debe

esperar en la línea de parada hasta que el primero cruce totalmente el área de conflicto. Esta situación se ilustra en la Figura 31 (Fellendorf & Peter, 2010).

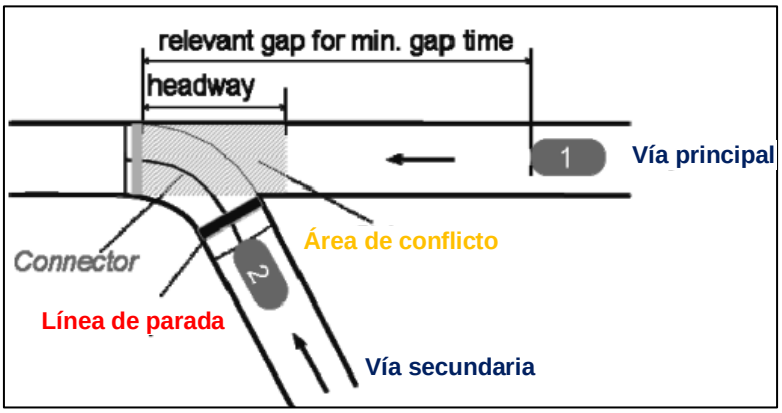



*Figura 31.* Modelación de una intersección semaforizada

*Fuente: Adaptado de Fellendorf & Peter, 2010*

### 3.7 Consideración del Modelo

El funcionamiento de Vissim está basado en parámetros psicofísicos desarrollados por Wiedemann que fue desarrollado en la Sección 2.2.5.3 del presente informe. Así mismo, se consideran los submodelos desarrollados como el seguimiento vehicular, el comportamiento, el cambio de carril y el control semafórico, que son los que tiene mayor repercusión en el software. La Ecuación 9 expresa la distancia requerida durante la interacción entre dos vehículos. Esto con la finalidad de ajustar los resultados obtenidos del software Vissim y los datos de campo (Alcalá, 2016).

Ecuación 9: Distancia requerida

$$\boldsymbol{d = a_x + \left(b_{x\_add} + b_{x\_mul} * z\right) * \sqrt{v}}$$

Donde:

$a_x$ : Distancia promedio deseada entre vehículos detenidos.

$b_{x\_add}$: Parte aditiva de la distancia deseada por seguridad.

$b_{x\_mul}$: Parte multiplicativa de la distancia deseada por seguridad.

z : Valor que va de 0 a 1 (obtenido de una distribución normal x=0.5 y s=0.15).

v : Velocidad (m/s).

# Capítulo 4: Microsimulación de Tráfico de la Intersección de la Avenida Canadá con las Avenidas Aviación, San Luis y De la Arqueología en el Distrito de San Luis, Lima

## 4.1 Generalidad

El principal objetivo de este proyecto es evaluar las condiciones actuales de circulación y presentar alternativas de solución para tres intersecciones de la Av. Canadá en el Distrito de San Luis, a través del desarrollo de un modelo microscópico; para ello es necesario cumplir con todas las etapas de manera secuencial, las cuales se describen a continuación:

## 4.2 Obtención de Data de Campo

### 4.2.1 Metodología.

La metodología para la recolección y procesamiento de datos de campo, para el presente proyecto, está guiado por los lineamientos del FHWA (2004), estos se desarrollan a continuación:

Inicialmente, se procedió con la identificación de alcances y limitaciones del proyecto, con la finalidad de cumplir con las exigencias necesarias para su ejecución, identificación de las intersecciones a intervenir y su zona de influencia, selección del tipo de modelo que se empleara para su análisis de acuerdo al nivel de complejidad de la intersección; además, se requiere conocer las características de los componentes viales (geometría, señalización y semaforización), los aforos vehiculares y peatonales.

Posteriormente, se selecciona el equipo de trabajo para los trabajos en campo, se define la fecha y demás detalles para evitar inconvenientes como el permiso municipal de ser necesario o evitar algún evento extraordinario que influya en el tráfico normal en la zona de estudio. Para los trabajos en campo, se emplean instrumentos como la videocámara, cinta métrica, escaleras, cronómetros, entre otros.

Por último, se procede al procesamiento de los datos obtenidos en campo, el procesamiento contempla el aforo detallado de giros en cada intersección en gabinete y otros datos como las dimensiones de las vías, tiempos semafóricos, entre otros. Estos datos representan los valores de entrada para el modelo microscópico. Los aforos se realizarán durante dos días de semana y un día de fin de semana con la finalidad de encontrar la condición más crítica del tráfico en la zona de estudio, para tal fin, los puntos de aforo deberán ser estratégicamente seleccionados.

La exactitud de los datos obtenidos representa la confiabilidad del resultado de la microsimulación dado que, siendo los valores de entrada, todo el análisis está basados en los volúmenes vehiculares y peatonales, por ello, es importante que la recolección

de datos de campo de realice correctamente. A continuación, se presentan los detalles para el proceso de recolección de data de campo.

### 4.2.2 Selección de las Intersecciones de Análisis.

Para el desarrollo de la presente tesis, se tuvo en cuenta 3 posibles ubicaciones para evaluar el tráfico, dos dentro de la Ciudad de Lima y uno en la Ciudad de Cusco. Las cuales fueron: El Óvalo de Mateo Pumacahua en el Distrito de Villa el Salvado (Lima), tres intersecciones de la avenida Canadá en el Distrito de San Luis (Lima) y la Plaza Limaqpampa (Cusco). Todos los escenarios evaluados se encuentran con problemas de congestión en la actualidad, y tiene una particularidad en relación a las demás intersecciones, que estas, cuentan con geometrías complejas. Lo cual limita el alcance de un estudio con programas a nivel macroscópico o mesoscópico. La microsimulación es una alternativa potencial para evaluar este tipo de intersecciones.

Para definir el escenario a intervenir, fue necesario evaluar las limitaciones, factibilidad y la accesibilidad con la que contaba cada una para realizar los trabajos de campo, los cuales consisten en la grabación de videos para aforos (vehicular y peatonal), medición de la geometría, toma de tiempo semafórico, entre otros. Luego de la evaluación se decidió realizar el estudio para las tres intersecciones de la avenida Canadá del Distrito de San Luis, ya que, para el caso del Óvalo Mateo Pumacahua había limitaciones para la recolección de data (instalación de videograbadoras). Debido a que los postes son de alta tensión, y el historial de estudios anteriores que tuvo problemas con la recolección de data en el lugar. Por otro lado, la Plaza Limaqpmapa de Cusco, cuenta con limitaciones con respecto a espacio disponible para realizar mejoras en la geometría, cabe mencionar que pertenece al Centro Histórico del Cusco y estas calles son de dimensiones limitadas, con casi imposibilidad de ensanchamiento o modificaciones en su geometría.

El estudio consistirá en la evaluación de las condiciones de circulación actual de la intersección de la Av. Canadá con las avenidas Aviación, De la arqueología y San Luis. Todas son intersecciones controladas por semáforos. Cabe mencionar que este tipo un tipo de suelo comercial y por el lado Norte colinda con el Instituto Peruano del Deporte (IPD-VIDENA). Figura 3 muestra una vista aérea del detalle de las intersecciones analizadas.

### 4.2.3 Selección del Equipo de Trabajo y Registro de Data de Campo.

Después de identificar el lugar de estudio, se selecciona al personal de soporte para los trabajos y definir las herramientas que serán necesarias para realizar el proyecto de microsimulación. De acuerdo a la experiencia del autor, el personal de soporte debe tener conocimientos en el área, ya que el trabajo consta de toma de datos de campo y el registro de los mismos. Por ello, se procedió a solicitar el apoyo de estudiantes que hayan llevado el curso de "ingeniería de tráfico" en la USIL; además, se contó con el apoyo de personal egresado que labora en el campo del área de ingeniería de tráfico.

Los trabajos de campo comprenden los aforos (vehiculares y peatonales), instalación de videocámaras, toma de tiempos semafóricos, toma de datos geométricos y verificar la lista de chequeo. Por otro lado, las herramientas utilizadas fueron: filmadora, cinta métrica, cronometro, etc. En la siguiente sección se desarrolla a detalle lo descrito.

### 4.2.4 Recolección de Datos de Campo.

Los trabajos de recolección de datos de campo fueron realizados con el apoyo de una persona. A continuación, se describen las actividades.

#### 4.2.4.1 *Videograbaciones.*

Es la actividad principal para el proyecto, ya que de estas se obtiene directamente los aforos vehiculares y peatonales y, otros detalles que servirán para el estudio como la velocidad de viaje, longitud de cola, dimensiones, entre otros. El resultado de la modelación dependerá directamente de la calidad de la toma de datos en campo.

La grabación de videos consistió en la colocación de cámaras en lugares estratégicos en este caso en postes cercanos a cada intersección. Cabe notar que se instaló de 2 a 3 cámaras por intersección para capturar todos los movimientos de los vehículos y peatones a la hora de hacer el aforo en gabinete. En la Figura 32 se observa la videocámara empleada para las grabaciones y en la Figura 33 se observa el trabajo de campo para la instalación de cámaras.

*Figura 32.* Videocámara utilizada.

*Figura 33.* Instalación de cámaras.

#### 4.2.4.2 ***Aforo Vehicular.***

Se realizaron dos tipos de aforos vehicular, el primero corresponde a aforos direccionales con el fin de conocer la hora con más flujo vehicular, este trabajo se realizó con de manera manual en campo y para el horario AM y PM (ver Figura 34); el segundo, fueron los aforos detallados con giros y tipo de vehículos, estos se obtuvieron directamente de las grabaciones realizadas para cada intersección, estos fueron ingresados a formatos de aforo vehicular (ver Tabla 3) para posteriormente ser presentado como un flujograma vehicular para cada intersección (ver Tabla 4).

*Figura 34.* Aforo direccional en campo con el uso de contómetros.

**CONTEOS DE VOLUMENES VEHICULARES (Hacia el Sur)**

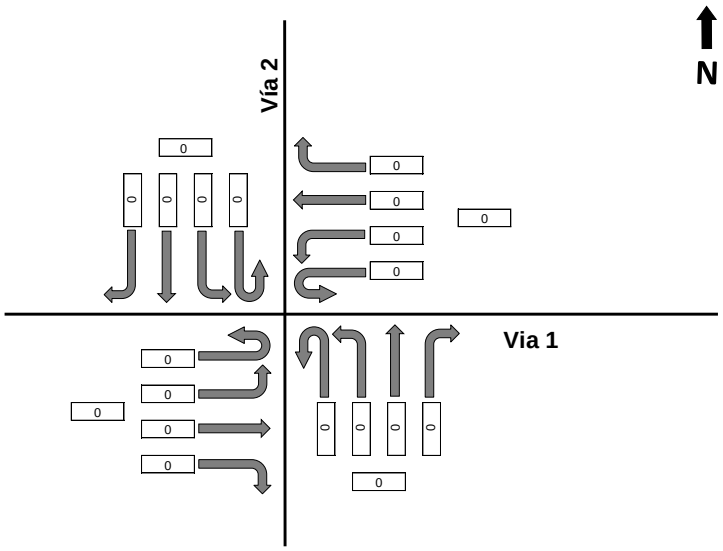
**INTERSECCION:**
**FECHA:**
**DIA:**

| TIEMPO | AUTO | | | | COMBI TRANSP. PUBLICO | | | | BUS TRANSP. PUBLICO | | | | BUS OTROS | | | | CAMION | | | | TRAILER | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | D | F | I | U | D | F | I | U | D | F | I | U | D | F | I | U | D | F | I | U | D | F | I | U |
| 07:30 - 07:45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 07:45 - 08:00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 08:00 - 08:15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 08:15 - 08:30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17:45 - 18:00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18:00 - 18:15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18:15 - 18:30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18:30 - 18:45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **HORA PICO AM** | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **HORA PICO PM** | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

Tabla 3. Formato de aforo vehicular

**CONTEO VEHICULAR**
(HORA PICO)

| | |
|---|---|
| **INTERSECCION:** | **DIA:** |
| **FECHA:** | **PERIODO:** |
| **HORA PICO:** | |




| TIPO DE VEHICULO | HACIA EL SUR | | | | HACIA EL NORTE | | | | HACIA EL OESTE | | | | HACIA EL ESTE | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Der. | Fre. | Izq. | U | Der. | Fre. | Izq. | U | Der. | Fre. | Izq. | U | Der. | Fre. | Izq. | U |
| AUTO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| COMBI TRANSP. PUBLICO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| BUS TRANSP. PUBLICO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| BUS OTROS | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CAMION | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TRAILER | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TOTAL | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % Vehiculo Pesado | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Factor Hora Pico | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

Tabla 4. Formato de flujograma vehicular

### 4.2.4.3 ***Aforo Peatonal.***

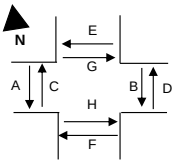
El aforo peatonal se obtuvo del procesamiento de las grabaciones para el mismo periodo que los aforos vehiculares, para ello se utilizó el formato mostrado en la Tabla 5.

**CONTEO PEATONAL - HOJA RESUMEN**

**INTERSECCION:**

**DIA :**

**FECHA:**




| HORAS DE CONTROL | A | B | C | D | E | F | G | H | TOTAL X 1/4 HORA | SUMA HORARIA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Hora Pico AM | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| Hora Pico PM | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| **H.P A.M** | | | | | | | | | | |
| **H.P P.M** | | | | | | | | | | |

Tabla 5. Formato de aforo peatonal

#### 4.2.4.4 *Transporte Público*

Se identificaron las rutas existentes de transporte público y se verifico que existen aproximadamente 20 rutas en Av. Canadá.

#### 4.2.4.5 *Tiempos Semafóricos.*

Los tiempos semafóricos se tomaron se tomaron nota durante la visita a campo el día 05 de octubre durante el horario AM y PM, con la finalidad de determinar si los tiempos semafóricos son diferentes para estos horarios. Se utilizó el cronometro para medir los tiempos, este trabajo fue realizado con el apoyo de un personal debido a la complejidad de las intersecciones que cuentan con fases de giro protegido a la izquierda. Además, cada intersección cuenta con semáforos peatonales. Los resultados de las mediciones de muestran en la sección 4.3 (procesamiento de datos de campo) y, en el Plano 02 del **Anexo 1** se muestra la ubicación y tipo de semáforos existente en cada intersección.

#### 4.2.4.6 *Geometría del Sistema.*

Las mediciones de la geometría de cada intersección se realizaron con apoyo de una persona, para este trabajo se utilizó una cinta métrica, distanciómetro, cuaderno de notas para llevar nota de lo observado y medido. Durante este trabajo se realizó la medición del ancho de calzada, ancho de carril, ancho de vereda, ancho de isletas, entre otros elementos que representen un adicional para el estudio. Los resultados de las mediciones se muestran en la sección 4.3 (procesamiento de datos de campo) y, en el Plano 02 del **Anexo 1** se muestra las dimensiones y la geometría de cada intersección.

### 4.3 Procesamiento de Datos de Campo

#### 4.3.1.1 *Videograbaciones.*

Todos los videos fueron procesados en gabinete, el trabajo consistió en hacer conteos directamente de los videos ya sean vehiculares o peatonales, para ello el personal utiliza “contadores” una herramienta que facilita el conteo. Cabe mencionar que en gabinete de realizó los aforos clasificados teniendo en cuenta el tipo de vehículos y todos los giros de una intersección.

#### 4.3.1.2 *Aforo Vehicular.*

Se realizaron aforos vehiculares direccionales en la red vial adyacente al proyecto por un periodo de 16 horas consecutivas. Los resultados de los aforos vehiculares direccionales permitieron determinar las horas pico del sistema vial adyacente al proyecto durante un día típico (Martes a Jueves) y un día atípico (Sábado o Domingo).

Estos aforos fueron realizados en las tres vías principales alrededor del proyecto: Av. Canadá, Av. Aviación y Av. San Luis, ver Figura 35.

Los aforos vehiculares direccionales fueron realizados de manera manual por aforadores in-situ, en las siguientes fechas y horarios:

- Dia de semana (día típico): Jueves 19 de abril, 2018, de 06:00 a 22:00 horas.
- Fin de semana (día atípico): Sábado 21 de abril, 2018, de 06:00 a 22:00 horas.

*Figura 35.* Ubicación de aforos vehiculares direccionales

*Fuente: Elaboración propia*

Acorde a los resultados obtenidos de los aforos vehiculares direccionales, se prosigue con los aforos clasificados en los horarios de máxima demanda (horas pico) que se determinaron anteriormente.

#### *4.3.1.2.1 Aforo Vehicular Direccional.*

Para determinar la hora pico AM y PM del sistema se realizó la sumatoria de flujos vehiculares de todas las vías adyacentes para obtener las horas pico del sistema vial que será impactado por el proyecto, los resultados se presentan en la siguiente figura.

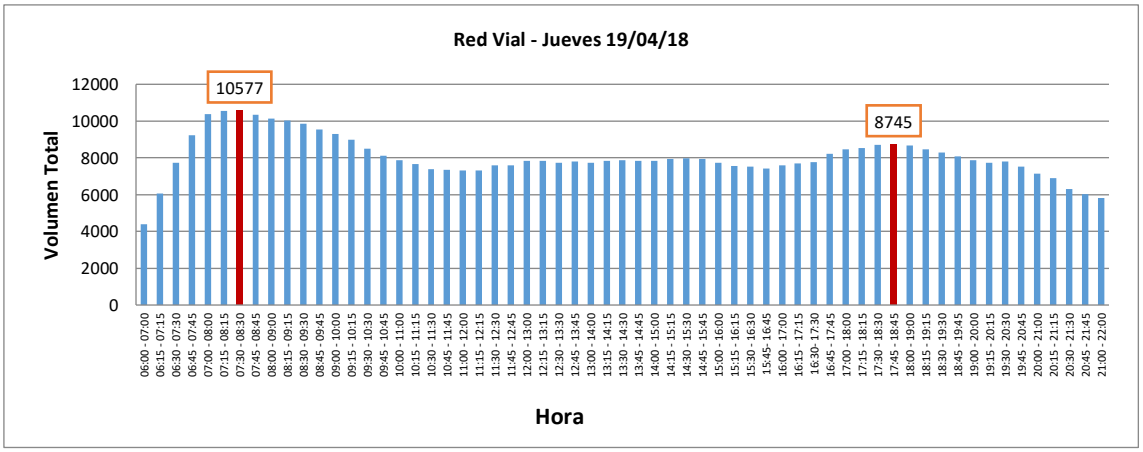



*Figura 36.* Aforos vehiculares direccionales – día de semana (sumatoria)

La Figura 36 muestra que las horas pico de la red vial adyacente, en un día de semana, son de 7:30 a 8:30 y 17:45 a 18:45 horas. Por esta razón, los aforos vehiculares clasificados (giros en intersecciones) y los aforos peatonales durante el día de semana (día típico) fueron realizados en ese horario.

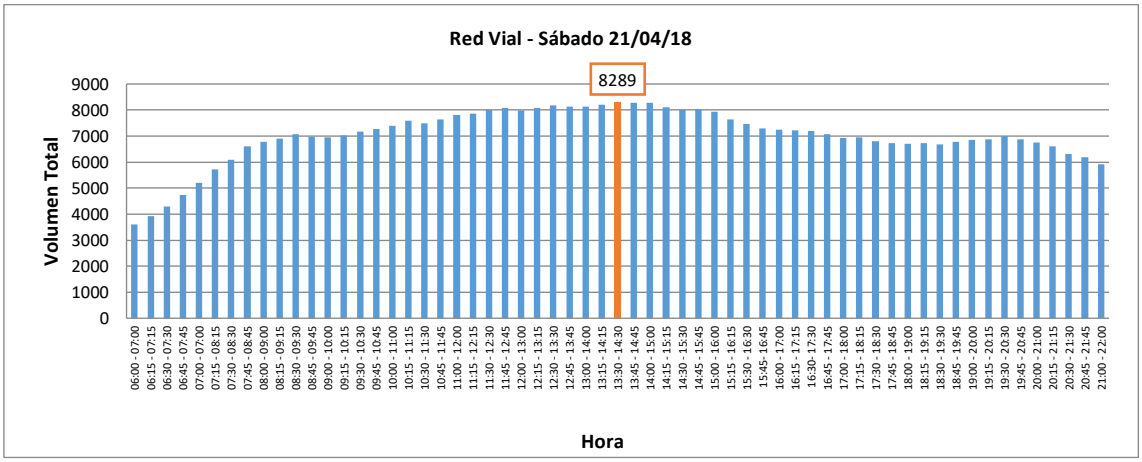



*Figura 37.* Aforos vehiculares direccionales – fin de semana (sumatoria)

La Figura 37 muestra que la hora pico en la red vial adyacente al proyecto, un fin de semana, es de 13:30 a 14:30 horas. Por esta razón, los aforos vehiculares clasificados (giros en intersecciones) y los aforos peatonales durante el fin de semana (día atípico) fueron realizados ese horario.

#### *4.3.1.2.2 Aforo Vehicular Clasificado.*

Acorde a los resultados obtenidos de los aforos vehiculares direccionales, se determinaron que las horas pico de la red vial son:

- Hora pico AM, día de semana: 7:30 - 8:30 horas.
- Hora pico PM, día de semana: 17:45 - 18:45 horas.
- Hora pico fin de semana: 13:30 - 14:30 horas.

Los aforos vehiculares clasificados fueron realizados en las tres intersecciones estudiadas. Estos aforos clasificados fueron realizados durante las horas pico detalladas anteriormente, en las fechas indicadas a continuación:

- Miércoles 25/04/18 (día de semana #1)
- Jueves 26/04/18 (día de semana #2)
- Sábado 28/04/18 (fin de semana)

En la Figura 38 Se muestra el volumen vehicular por intersección para los diferentes días de aforo. Los flujogramas vehiculares detallando la clasificación vehicular son presentados en el **Anexo 2**.

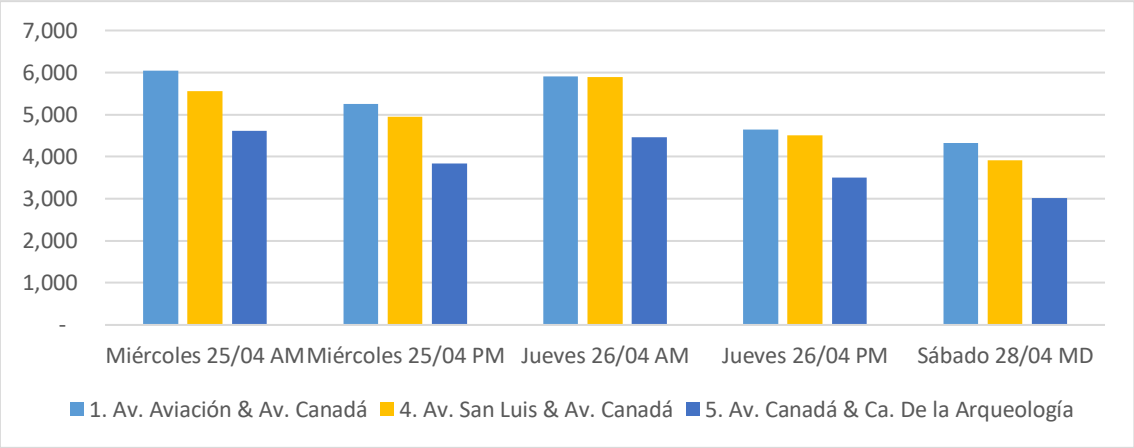



*Figura 38.* Volumen vehicular por intersección

La Tabla 6 y la Figura 39 muestran los volúmenes vehiculares totales del sistema vial analizado por día de aforo (considera el volumen vehicular de las tres intersecciones aforadas).

| Intersección | Miércoles 25/04 AM | Miércoles 25/04 PM | Jueves 26/04 AM | Jueves 26/04 PM | Sábado 28/04 MD |
|---|---|---|---|---|---|
| Av. Aviación & Av. Canadá | 6,040 | 5,258 | 5,908 | 4,645 | 4,323 |
| Av. San Luis & Av. Canadá | 5,557 | 4,944 | 5,895 | 4,506 | 3,917 |
| Av. Canadá & Ca. De la Arqueología | 4,619 | 3,839 | 4,459 | 3,499 | 3,017 |
| **Total** | **16,216** | **14,041** | **16,262** | **12,650** | **11,257** |

Tabla 6. Volumen vehicular total del sistema vial

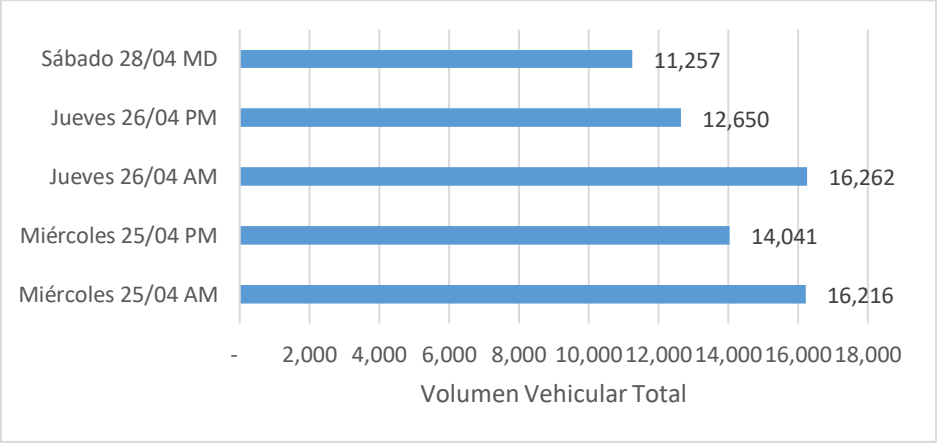



*Figura 39.* Volumen vehicular total del sistema vial

Las condiciones más críticas acorde al volumen vehicular fueron:

- Dia de semana - AM: Jueves 26/04/18 de 07:30 a 8:30 horas
- Dia de semana - PM: Miércoles 25/04/18 de 17:45 a 18:45 horas
- Fin de semana - MD: Sábado 25/04/18 de 13:30 a 14:30 horas

Por lo tanto, el análisis se realizó con los siguientes volúmenes vehiculares (AM día jueves y PM día miércoles), las mismas que se consideran las más críticas, el día sábado no se considera en el análisis ya que no representa una situación crítica. Ver Figura 40 y Figura 41.

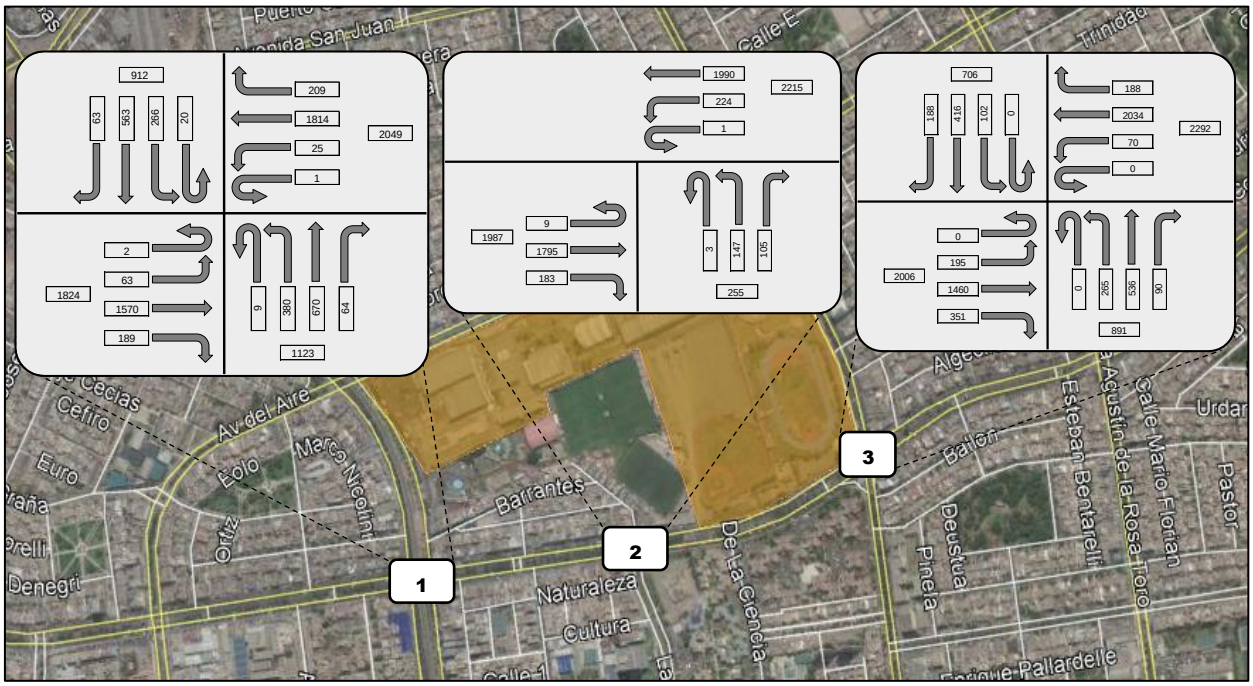



*Figura 40.* Volumen vehicular - día de semana en horario AM

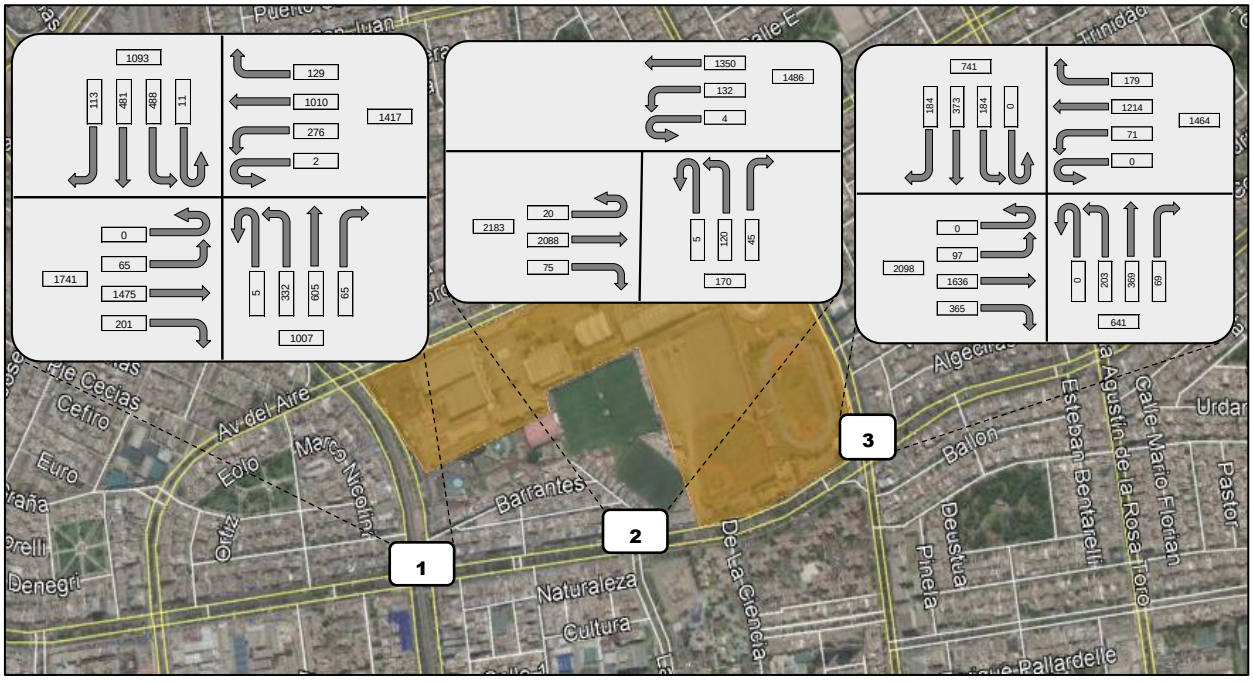



*Figura 41.* Volumen vehicular - día de semana en horario PM

A continuación, los volúmenes vehiculares son balanceados en el sistema, la Figura 42 muestra el porcentaje de variación. Se considera que una variación de menor de 10%

no afecta la evaluación, sin embargo, para el presente proyecto, se considera el desbalance de volúmenes. Estas variaciones indican que existen vehicular que ingresan o salen de las calles secundarias.

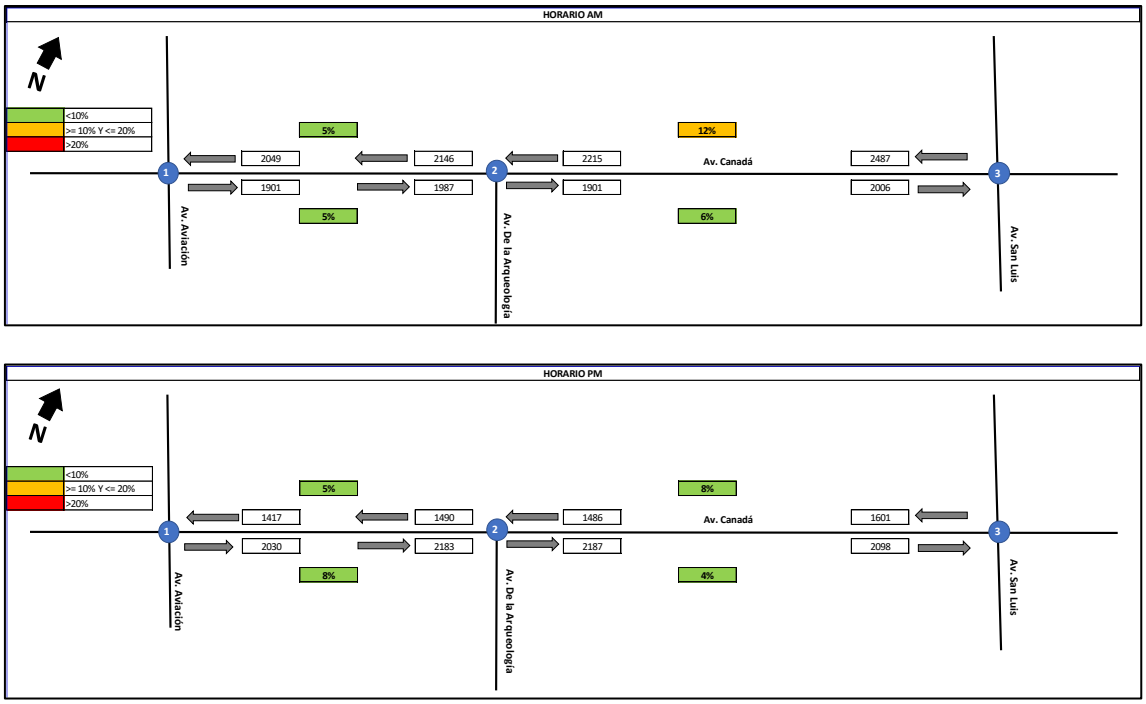



*Figura 42.* Balanceo de Volumen Vehicular

#### 4.3.1.3 ***Aforo Peatonal.***

De manera similar a los aforos vehiculares clasificados, se realizaron aforos peatonales en las tres intersecciones semaforizadas del área de estudio en las horas y fechas indicadas para el aforo vehicular clasificado.

Los aforos peatonales fueron realizados durante las horas pico detalladas anteriormente, en las fechas que se indican a continuación:

- Miércoles 25/04/15 (día de semana #1)
- Jueves 26/04/15 (día de semana #2)
- Sábado 28/04/15 (fin de semana)

Los flujogramas peatonales son presentados en el **Anexo 2**.

La Tabla 7 y la Figura 43 muestra los volúmenes peatonales totales del sistema vial analizado por día de aforo (considera el volumen peatonal de las cinco intersecciones aforadas).

| Intersección | Miércoles 25/04 AM | Miércoles 25/04 PM | Jueves 26/04 AM | Jueves 26/04 PM | Sábado 28/04 MD |
|---|---|---|---|---|---|
| Av. Aviación & Av. Canadá | 3,962 | 3,545 | 3,670 | 3,864 | 2,586 |
| Av. San Luis & Av. Canadá | 1,857 | 2,096 | 1,801 | 1,706 | 1,090 |
| Av. Canadá & Ca. De la Arqueología | 518 | 495 | 606 | 474 | 209 |
| **Total** | **6,337** | **6,136** | **6,077** | **6,044** | **3,885** |

Tabla 7. Volumen peatonal total del sistema vial

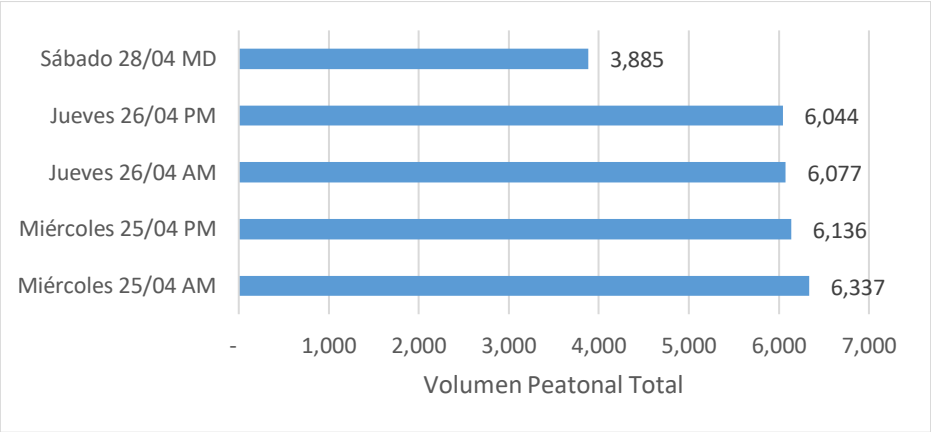



*Figura 43.* Volumen peatonal total del sistema vial

Las condiciones más críticas acorde al volumen peatonal fueron:

- Dia de semana - AM: Miércoles 25/04/18 de 07:30 a 8:30 horas
- Dia de semana - PM: Miércoles 25/04/18 de 17:45 a 18:45 horas
- Fin de semana - MD: Sábado 25/04/18 de 13:30 a 14:30 horas

Por lo tanto, el análisis se realizó con los siguientes volúmenes peatonales (AM y PM día miércoles), las mismas que se consideran las más críticas. Ver la Figura 44 y Figura 45.

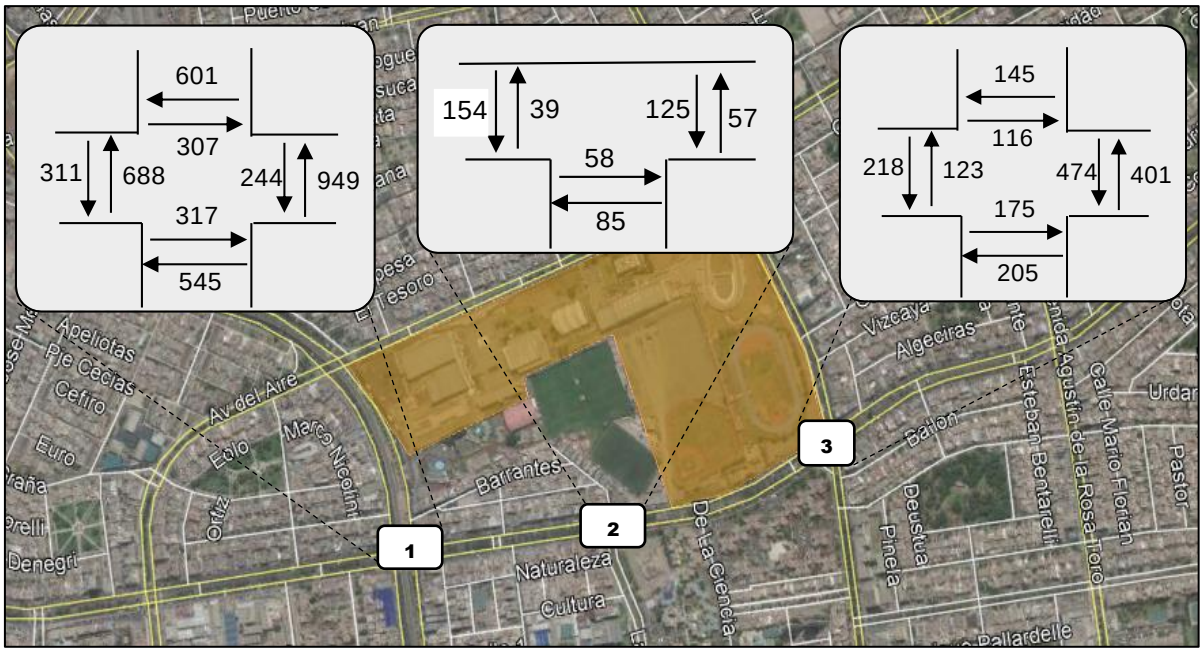



*Figura 44.* Volumen peatonal - día de semana en horario AM

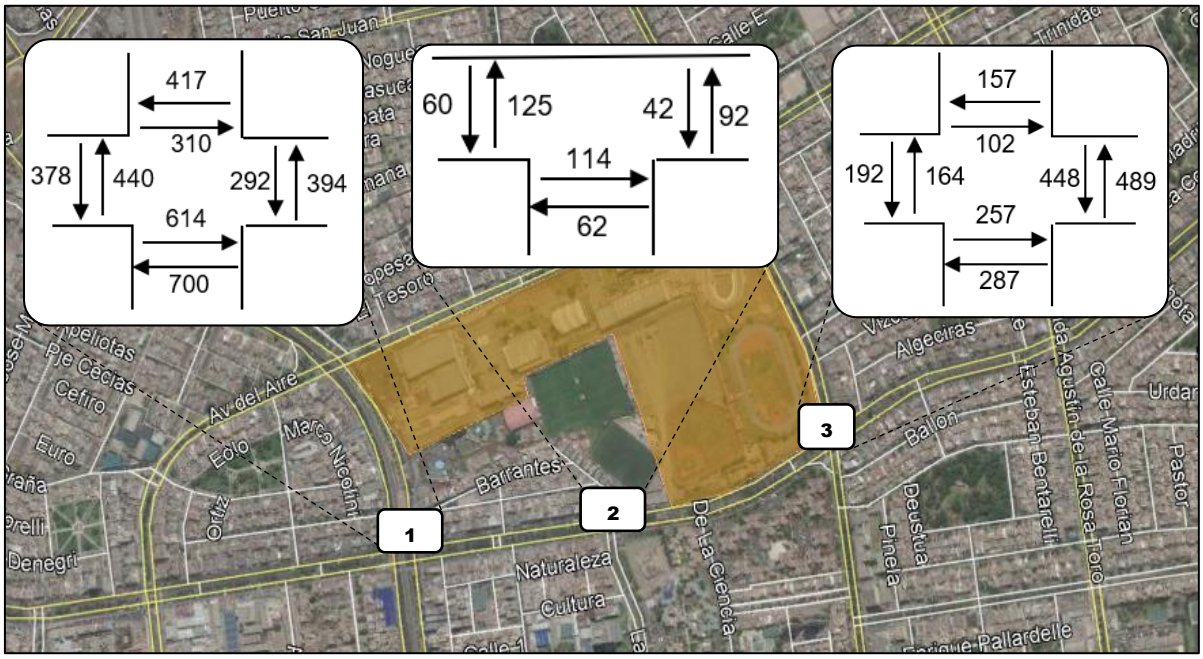



*Figura 45.* Volumen peatonal - día de semana en horario PM

#### 4.3.1.4 ***Transporte Público.***

El transporte público está permitido en la avenida Canadá. A continuación, se presentan las rutas de transporte público existentes.

| N° | EMPRESA | RUTA | TIPO DE VEHICULO |
|---|---|---|---|
| 1 | Consorcio Salamanca | OM-62 | Microbús |
| 2 | Transportes Servicie Canadá S.A.C. | IM-04 | Microbús |
| 3 | E.T. BRONSA | 4510 | Camioneta Rural -Microbús |
| 4 | Transporte Servicie Canadá S.A.C. | IM-11 | Microbús |
| 5 | E.T. SO S.A.C. | 4204 | Microbús/Ómnibus |
| 6 | E.T. RAMSN S.A.C. | 6901 | Camioneta Rural - Microbús |
| 7 | E.T. Rey S.A. | | Camioneta Rural - Microbús |
| 8 | E.T.VAS S.A. | IM-57 | Camioneta Rural - Microbús |
| 9 | E.T. Veintidós S.R.L. | CR-54 | Microbús |
| 10 | E.T. Mar S.A. | OM-28 | Microbús |
| 11 | E.T. VAS S.A. | 4210 | Microbús |
| 12 | CTI Corporación S.A.C. | 10-57B | Microbús |
| 13 | E.T. Veintidós S.R.L. | CR-54 | Microbús |
| 14 | E.T. La Mar S.A.C. | OM-22 | Microbús |
| 15 | Consorcio Salamanca | OM-62 | Microbús |
| 16 | EVIPUSA | 1404 | Ómnibus |
| 17 | E.T. VAS S.A. | IM-57 | Microbús |
| 18 | E.T. Rey S.A. | ICR-14 | Camioneta Rural -Microbús |
| 19 | E.T. Comité Cien S.A. | 4212 | Ómnibus |
| 20 | Santa Catalina | 3809 | Ómnibus |

Tabla 8. Rutas de transporte público de la Av. Canadá.

#### 4.3.1.5 *Tiempos Semafóricos.*

En la siguiente sección se describe las fases semafóricas de las 3 intersecciones de la Av. Canadá, estas fases se muestran mediante los diagramas NEMA.

La intersección de la Av. Canadá con la Av. Aviación tiene un sistema tres fases con longitud de ámbar adecuado y tiempo de todo rojo. La longitud de ciclo y longitud de fases no cambian tanto para el horario diurno y nocturno. La operación semafórica existente se presenta en la Figura 46.

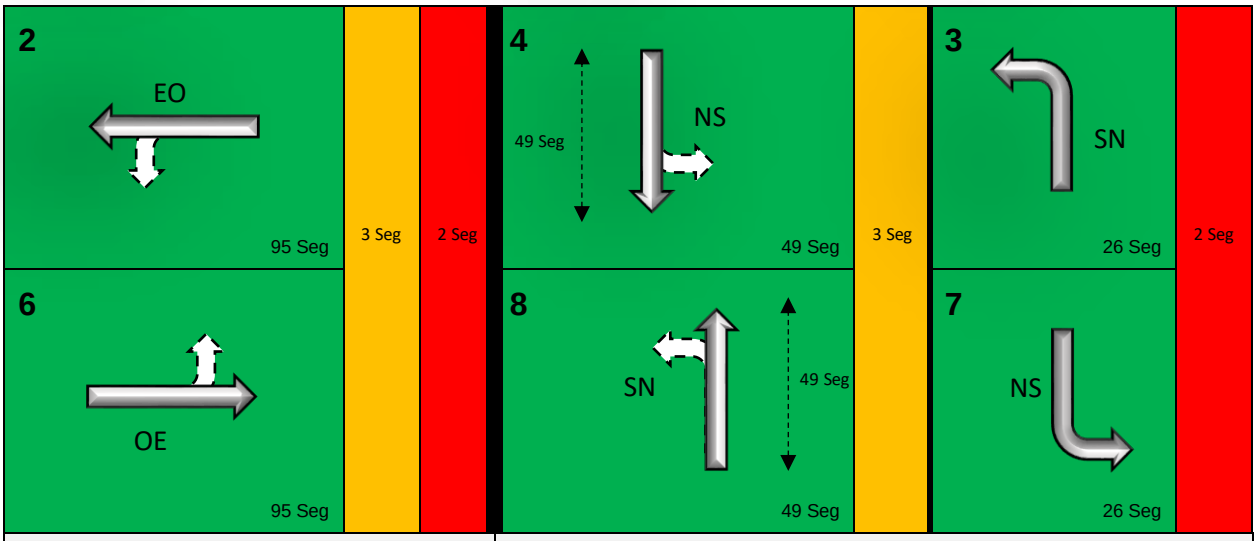



*Figura 46.* Operación semafórica existente en la intersección de la Av. Canadá & Av. Aviación (ciclo: 180 seg).

La intersección de la Av. Canadá con la Av. De la Arqueología tiene un sistema dos fases con longitud de ámbar adecuado y tiempo de todo rojo. La longitud de ciclo y longitud de fases no cambian tanto para el horario diurno y nocturno. La operación semafórica existente se presenta en la Figura 47.

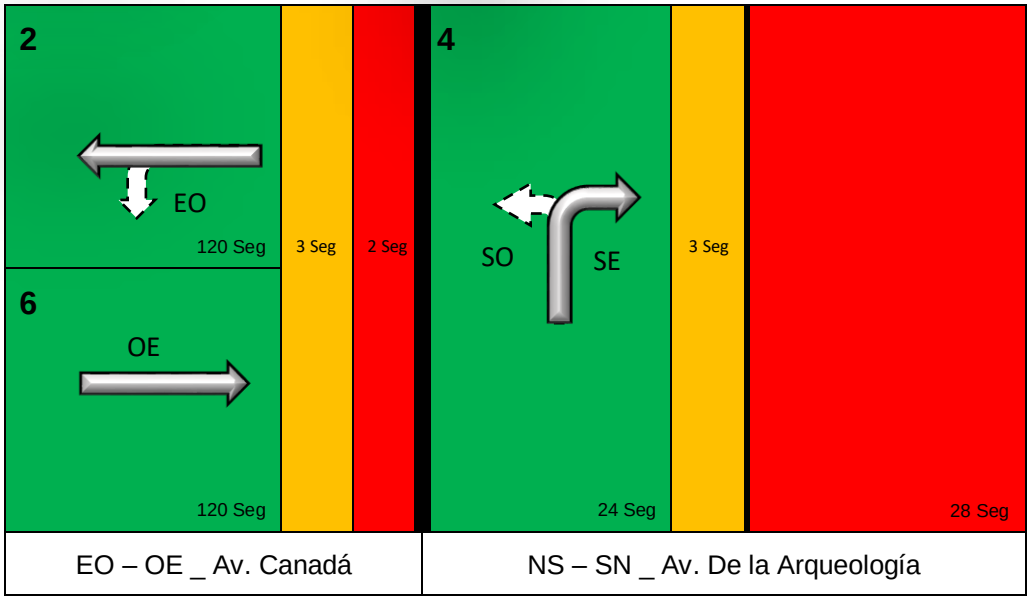



*Figura 47.* Operación semafórica existente en la intersección de la Av. Canadá & Av. De la Arqueología (ciclo: 180 seg).

La intersección de la Av. Canadá con la Av. San Luis tiene un sistema 4 fases con giros protegidos a la izquierda. La operación semafórica existente se presenta en la Figura 48.

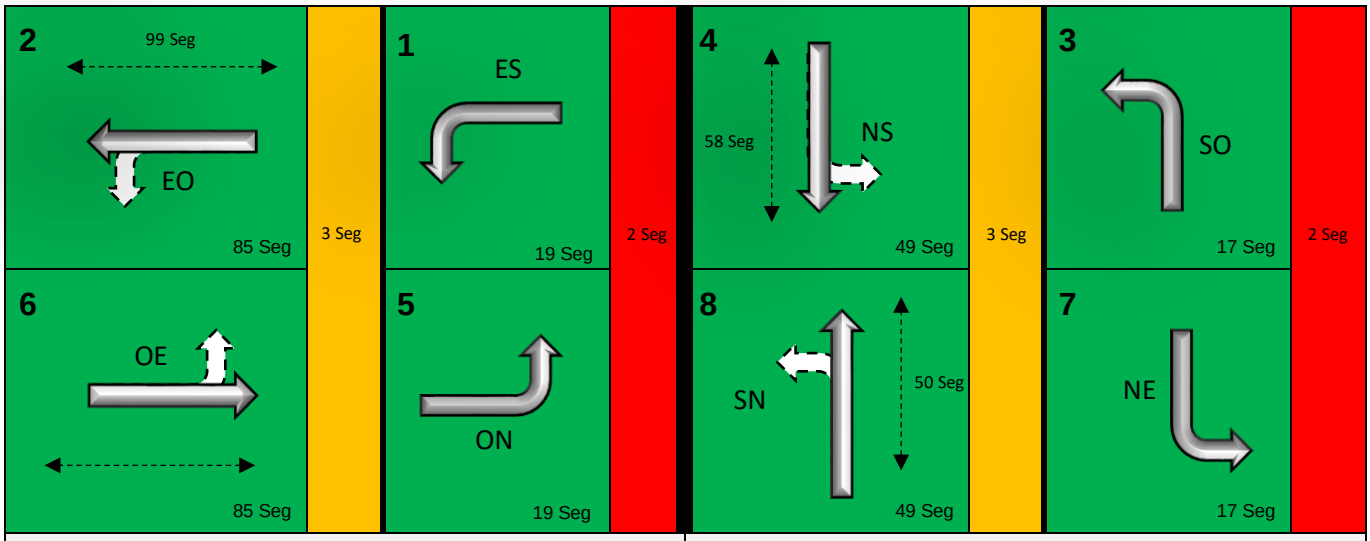



*Figura 48.* Operación semafórica existente en la intersección de la Av. Canadá & Av. San Luis (ciclo: 180 seg).

#### 4.3.1.6 ***Geometría del Sistema.***

Es una Vía Colectora que tiene por función llevar el tránsito de un sector urbano hacia las vías arteriales y/o vías expresas. El flujo de tránsito es interrumpido frecuentemente por intersecciones semaforizadas en los cruces con vías arteriales como la Av. Aviación y otras colectoras como Av. San Luis. La Av. Canadá tiene un ancho de vía normativo de 40 metros.

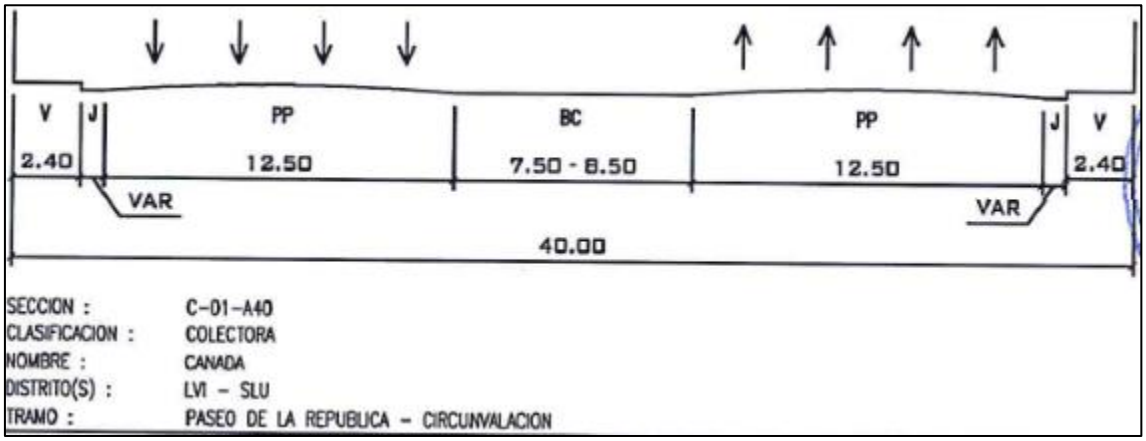



*Figura 49.* Clasificación de la red vial de la Av. Canadá

*Fuente: Certificado de zonificación y vías N° 1004-2017-MML-GDU-SPHU*

## 4.4 Deficiencias Encontradas en la Situación Actual

La descripción de las deficiencias encontradas en la situación actual se detalla en el **Anexo 3**. Se identificó que los paraderos de transporte público están incorrectamente ubicados y señalizados, estos fueron clasificados en formales e informales. Otras deficiencias encontradas son la señalética vertical y horizontal, estacionamientos e infraestructura peatonal.

## 4.5 Construcción del Modelo, Calibración y Validación del Proyecto

### 4.5.1 Construcción del Modelo.

Posterior a los trabajos de campo y gabinete, se continúa con la etapa de construcción del modelo, dado que, ya se cuenta con los datos de entrada al modelo que fueron obtenidos de campo y procesados en gabinete. A continuación, se desarrolla los pasos más relevantes para la creación del modelo.

#### 4.5.1.1 *Imagen de Fondo (Background).*

En este episodio, se incorpora una imagen o plano de fondo, el cual es opcional ya que, el programa cuenta con un mapa georreferenciado del mundo (vista satelital) y se puede identificar las intersecciones y trabajar sobre ellas. Una imagen de fondo se recomienda utilizar cuando la zona de evaluación no tiene buena resolución en el mapa de programa, para el presente proyecto, se identificó las tres interacciones y viendo que contaban con buena resolución se optó por trabajar sobre ella, como se muestra en la Figura 50.

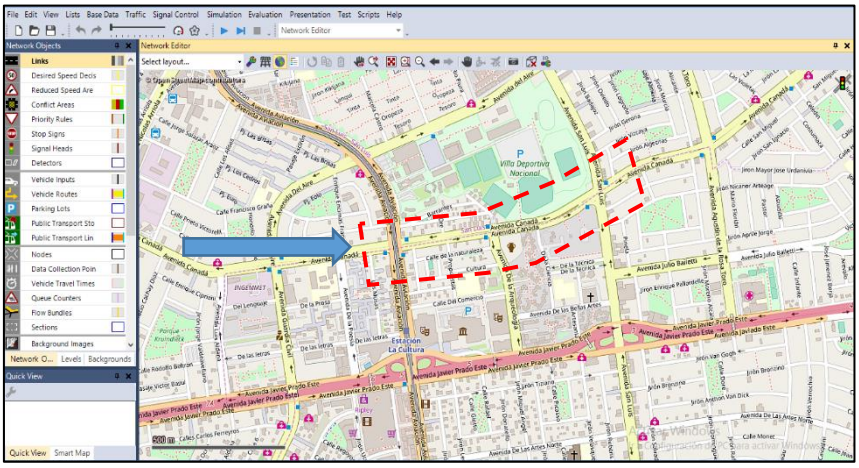


*Figura 50.* Background utilizado (mapa georreferenciado del programa)

*Fuente: Elaboración propia, 2018*

#### 4.5.1.2 *Link y Conectores.*

Las vías son representadas por los links y conectores, a diferencia de otros softwares, Vissim tiene mayor flexibilidad para representar la geometría (giros a la izquierda, carriles bloqueados, etc.) lo más cercano a la realidad. La red se empieza a amar con los links, para ello, se requieren algunos datos (ancho de carril, ancho de berma, número de carriles, sentido de viaje, entre otros) que fueron recolectados durante los trabajos en campo. Por otro lado, los conectores se utilizan para enlazar los links.

En la Tabla 9 se muestra todos los datos necesarios para armar la red. En la Figura 51 se muestra el comando “link” del programa, donde se ingresan los datos requeridos para la creación de la Av. Canadá que es la vía principal. De la misma manera se introduce

todas las vías para formar las tres intersecciones de la Av. Canadá que serán evaluadas, cuya creación se observa en la Figura 51.

| Datos / Avenidas | Canadá | Aviación | De la Arqueología | San Luis |
|---|---|---|---|---|
| Número de carriles | 4 | 3 | 2 | 2 |
| Ancho de carriles | 3.10 | 3.20 - 3.50 | 3.30 | 3.00 |
| Dirección | Este - Oeste | Sur - Norte | Sur - Norte | Sur - Norte |
| | Oeste - Este | Norte - Sur | Norte - Sur | Norte - Sur |

Tabla 9. Información necesaria para la creación de los links.

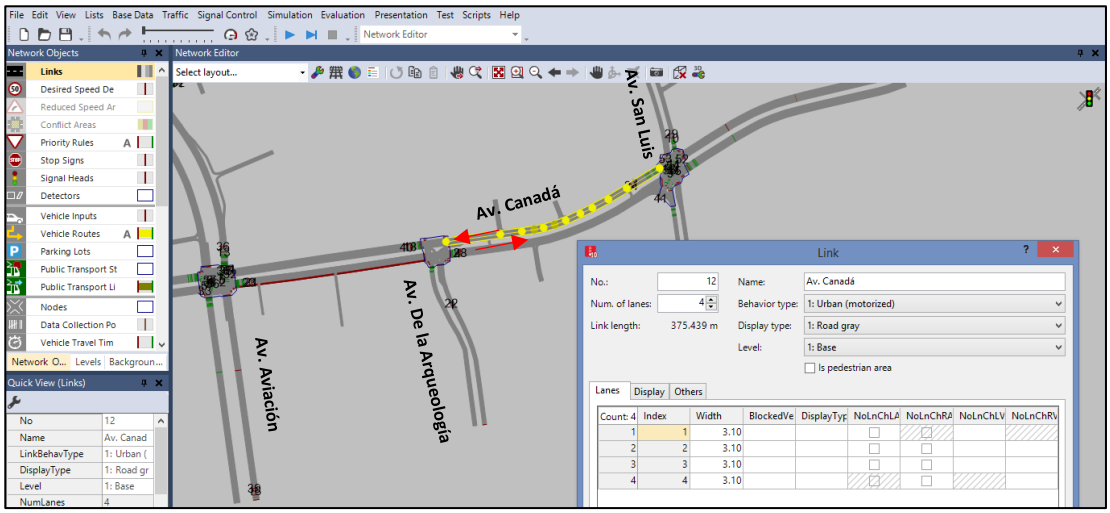



*Figura 51.* Incorporación de carriles mediante los links

*Fuente: Elaboración propia, 2018*

#### 4.5.1.3 ***Composición Vehicular y Peatonal.***

A través de los aforos registrados, se define los tipos de usuarios (vehículos y/o peatones) que serán parte del modelo. Para los vehículos se utiliza el comando “vehicle compositions” en el cual se ingresa la clase de vehículos, velocidad y flujo relativo (porcentaje de participación); de la misma manera, para los peatones, se usa “pedestrian compositions”. La composición vehicular está clasificada en vehículos ligeros, vehículos pesados y buses, y la composición peatonal está basada en hombre, mujer y mujer con niño (Ver la Tabla 10). El flujo relativo representa a la distribución en porcentajes del total del volumen vehicular y peatonal en cada ingreso o movimiento. A continuación, la Figura 52 muestra el ejemplo para la Av. Canadá en horario AM, para ver los porcentajes de participación totales, ver el **Anexo 2**.

| Composición / Avenidas | | Av. Canadá Ingreso Este | | Av. Canadá Ingreso Oeste | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Velocidad deseada | Flujo relativo | Velocidad deseada | Flujo relativo |
| Vehicular | Vehículo ligero | 50 km/h | 0.879 | 50 km/h | 0.866 |
| | Vehículo pesado HGV | 40 km/h | 0.089 | 40 km/h | 0.116 |
| | Buses | 40 km/h | 0.032 | 40 km/h | 0.019 |
| Peatonal | Hombre | 5 km/h | 0.40 | 5 km/h | 0.40 |
| | Mujer | 5 km/h | 0.40 | 5 km/h | 0.40 |
| | Mujer con niño | 5 km/h | 0.20 | 5 km/h | 0.20 |

Tabla 10. Composición vehicular y peatonal para la Av. Canadá.

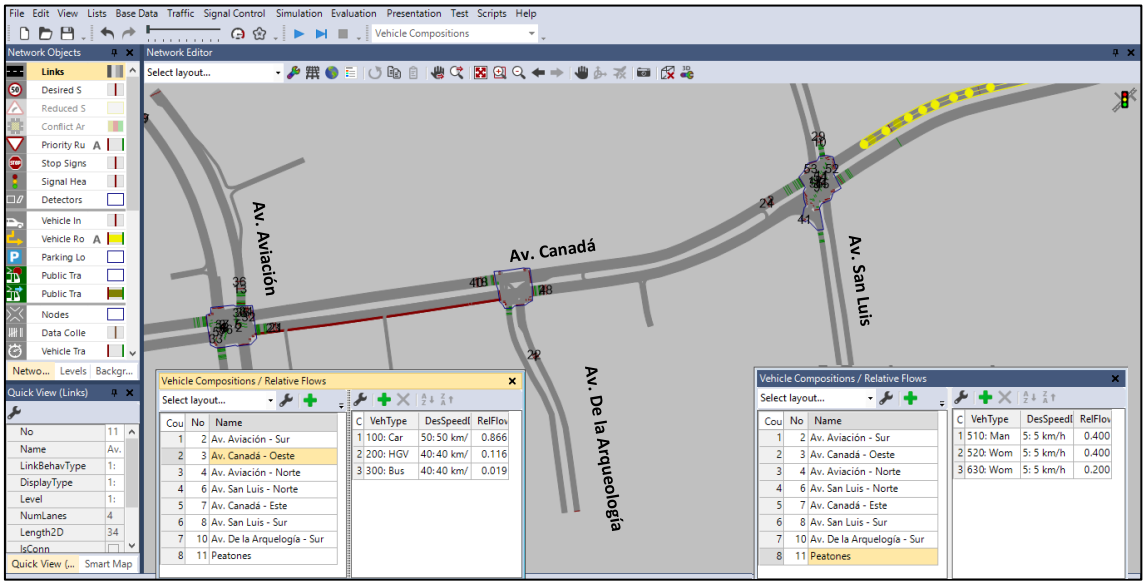



*Figura 52.* Composición vehicular y peatonal

*Fuente: Elaboración propia, 2018*

#### 4.5.1.4 ***Datos de Entrada.***

El siguiente paso es ingresar los datos de campo que fueron procesados en gabinete, para ello se utiliza la herramienta “vehicle imputs y pedestrian imputs” donde se ingresan los volúmenes vehiculares y peatonales. De la misma manera, se definen las rutas de decisión, tiempos semafóricos, entre otros.

##### *4.5.1.4.1 Entrada de Vehículos y Peatones (Vehicle Imputs y pedestrian imputs).*

Se ingresa el volumen vehicular total y cantidad de peatones que circulan por las tres intersecciones; Por ejemplo, en el ingreso Oeste de la Av. Canadá, el flujo es 1824 vehículos/hora que son distribuidos en diferentes tipos de vehículos (Ver la sección 4.3.1.2.2 y Sección 4.3.1.3). Para el presente modelo, se consideraron 7 ingresos de volumen vehicular: Av. Canadá ingreso Este y Oeste, Av. Aviación ingreso Sur y Norte, Av. San Luis ingreso Sur y Norte y, finalmente la Av. De la Arqueología ingreso Sur.

#### *4.5.1.4.2 Asignación de Rutas de Viaje (Vehicle Routes - Static).*

Se distribuye el flujo vehicular de cada ingreso entre las posibles rutas que pueden seguir, estos se obtienen de los aforos direccionales. A muestra de ejemplo, en la Tabla 11 se muestra las rutas de decisión de la Av. Canadá en el ingreso Oeste y en la Figura 53 se muestra la presentación en el programa Vissim para clase de vehículo (vehicle classes) 10 que representa al auto. Las rutas de decisión se designan de igual manera para las clases de vehículos 20 y 30 que son vehículos pesados (HGV) y buses respectivamente. Este procedimiento es para todas las intersecciones y para los ingresos.

| Dirección de Viaje | Distribución en Volúmen | Distribución en % |
|---|---|---|
| Av. Aviación Sur | 163 | 0.103 |
| Av. Canadá continúa | 1352 | 0.856 |
| Av. Aviación Norte | 62 | 0.039 |
| Av. Canadá en U | 2 | 0.001 |

Tabla 11. Asignación de rutas de decisión para el ingreso Oeste de la Av. Canadá

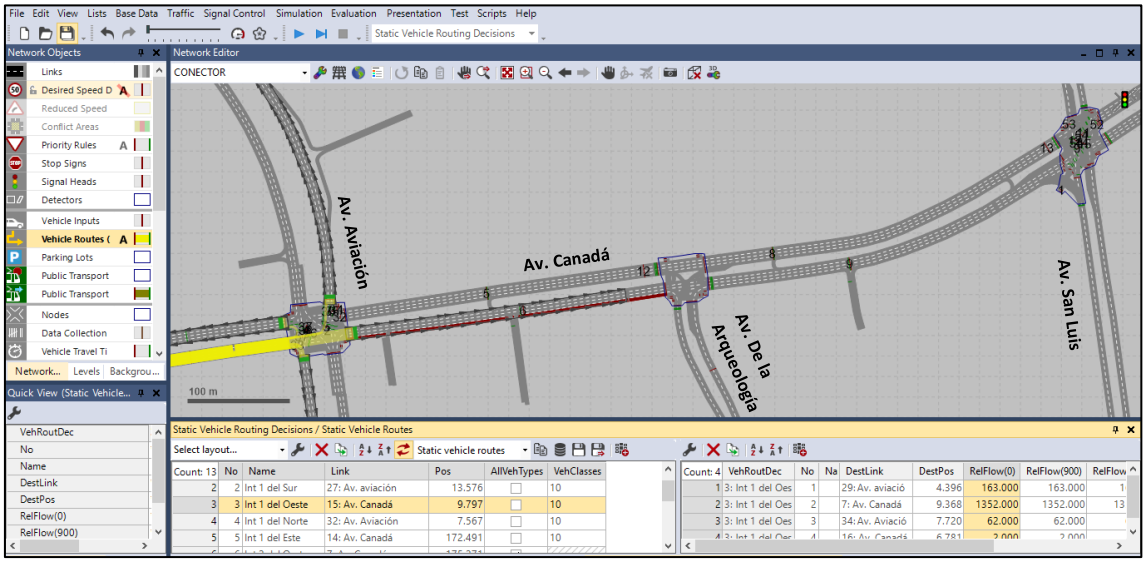



*Figura 53.* Asignación de rutas de decisión para el ingreso Oeste de la primera intersección

*Fuente: Elaboración propia, 2018*

### 4.5.1.5 ***Semaforización (Signal Control).***

El modelo ya puede ser simulado hasta el momento, sin embargo, las intersecciones aún no son controladas mediante semáforos como se observa en la realidad. Se programa en la barra de comandos de señales de control “signal control”, posteriormente, los controles semafóricos son colocados mediante los “signal heads” en los lugares donde se ubican los semáforos. En este episodio, se ingresa la duración de fases semafóricas para las tres intersecciones, esto incluye la incorporación de semáforos peatonales. En la Figura 54 se muestra la programación que se empleó en

el modelo. Cabe mencionar que las intersecciones pertenecen a un mismo programa debido a que cuentan con el mismo tiempo de ciclo. Ver los diagramas Nema de las intersecciones.

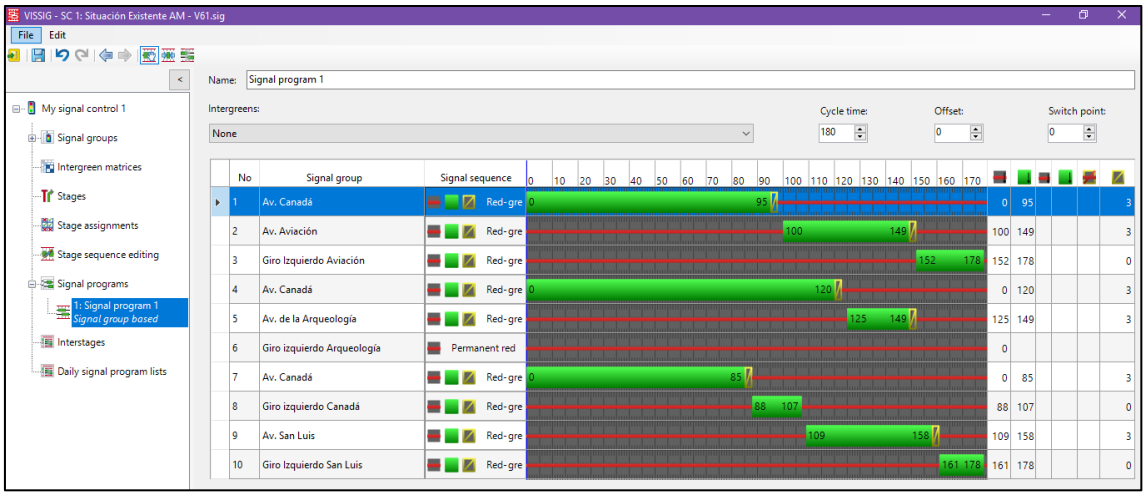



*Figura 54.* Tiempo semafórico, fases semafórico y grupo de semáforos

*Fuente: Elaboración propia, 2018*

#### 4.5.1.6 ***Reglas de Prioridad (Priority Rules).***

Para definir la prioridad en el sistema, existe la herramienta de áreas de conflicto “conflict áreas” o reglas de prioridad “priority rules” que básicamente representa a las señales de pare. Sin embargo, para intersecciones con geometría compleja, las áreas de conflicto se deben utilizar con bastante cuidado ya que muchas veces genera desorden en el modelo y no representan a las condiciones reales de campo. Por otro lado, el uso de “conflic áreas” resulta ser más sencillo al organizar el tránsito, por el cual, se recomienda primero, agotar este recurso y utilizar complementariamente los “priority rules” en situaciones complicadas.

En este episodio se define las prioridades entre las vías y cruceros peatonales (vehículo - vehículo y vehículo - peatón). De acuerdo, a la normativa nacional, el peatón siempre tendrá la prioridad, ya que, si se encuentra a media calzada y cambia el color de semáforo, los vehículos deben esperar a que el peatón termine de cruzar completamente; sin embargo, como se quiere modelar la realidad, en el Perú se observa que el vehículo siente la prioridad en relación al peatón. En la Figura 55 se observa las áreas de conflicto que se consideran en el modelo, donde el color verde representa la prioridad y en la Figura 56 se observa las reglas de prioridad empleadas en el modelo, estas son representadas por las líneas.

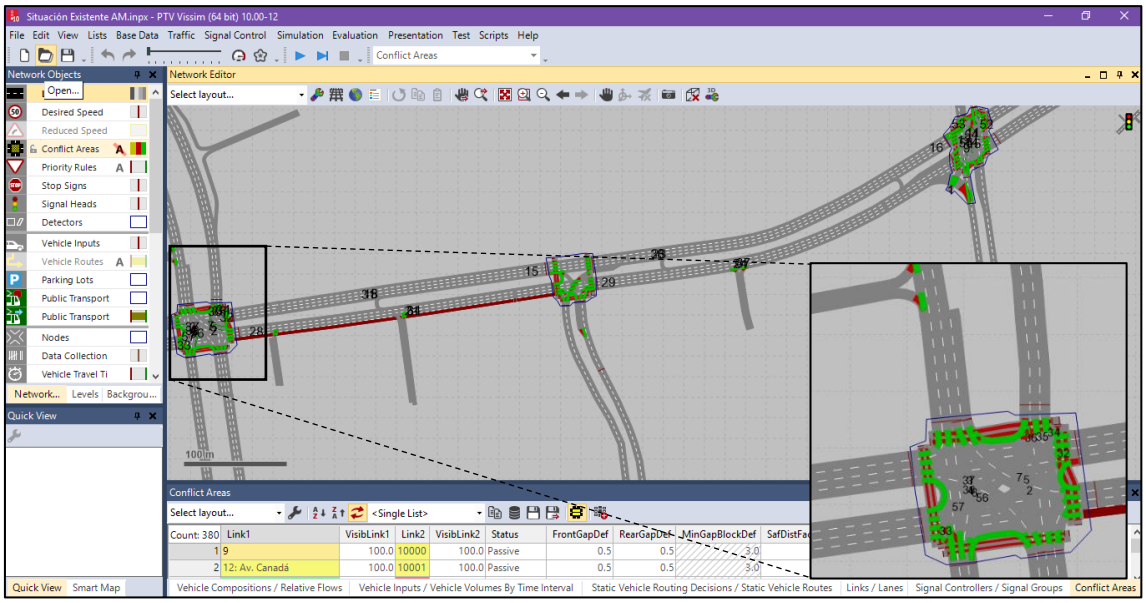



*Figura 55.* Áreas de conflicto en la modelación

*Fuente: Elaboración propia, 2018*

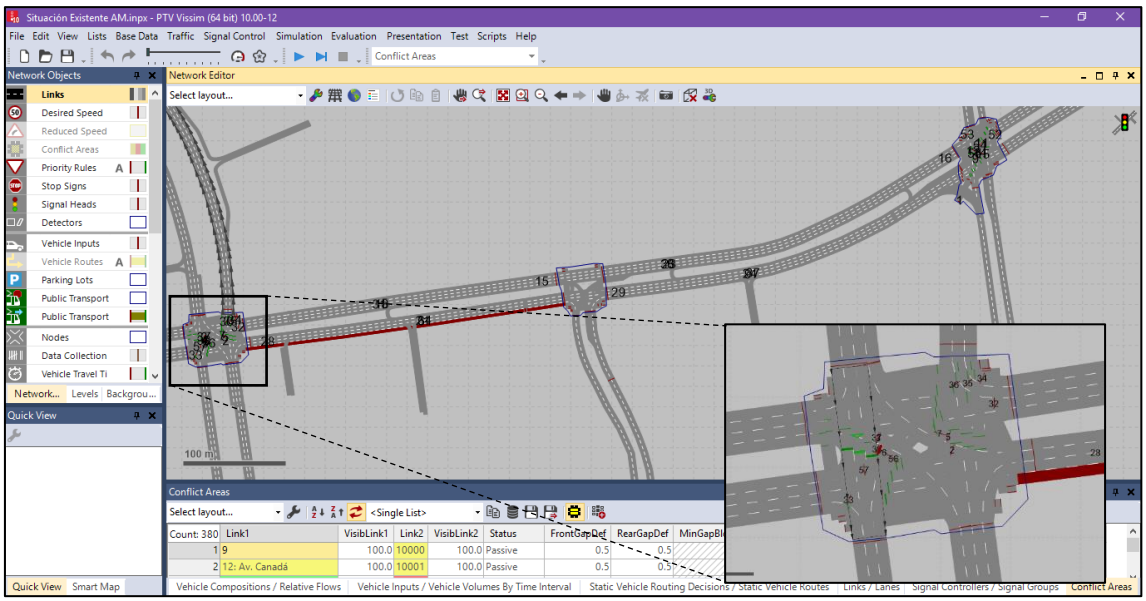



*Figura 56.* Reglas de prioridad en la modelación

*Fuente: Elaboración propia, 2018*

#### 4.5.1.7 ***Zona de Reducción de Velocidad (Reduce Speed Area).***

En este episodio se considera las zonas donde se requiere reducir la velocidad como, por ejemplo, en las curvas (giro izquierdo y derecho), en estos, generalmente los vehículos reducen su velocidad. Ver la Figura 57, donde se muestra la aplicación de esta herramienta.

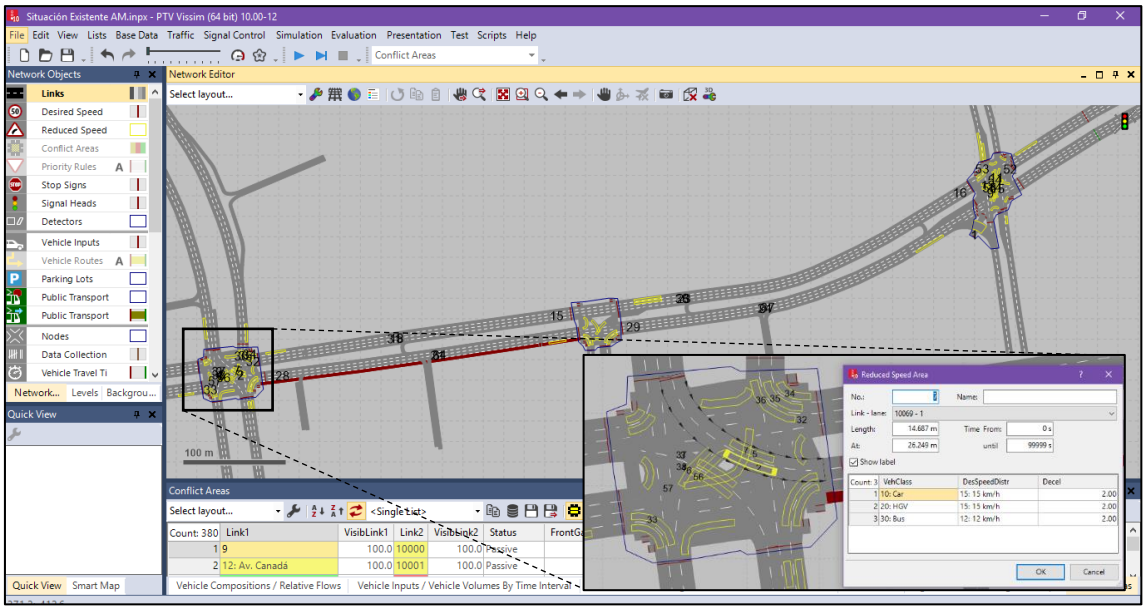


*Figura 57.* Zonas de reducción de velocidad en la modelación

*Fuente: Elaboración propia, 2018*

#### 4.5.1.8 ***Transporte Público.***

En el presente modelo, se considera el transporte público formal e informal (Ver el **Anexo 3** para ver detalle de paraderos), dado que estos son los principales generados de tráfico en las intersecciones. Para definir el lugar de paraderos y modelar el comportamiento de los buses de transporte público, se ha realizado un artificio con la herramienta (reduce speed area), los links, conectores y las rutas de decisión.

En la realidad se observa que los buses de transporte publico utilizan dos o hasta tres carriles para embarcar y desembarcar a los pasajeros, para ello se ha forzado la ruta de decisión de los BUSES, de tal manera que pasen solamente por dos carriles antes de los paraderos, y estos están representados por zonas de reducción de velocidad de 2 km/h hasta 5km/. En la Figura 58 se muestra la implementación de los paraderos y la Figura 59 muestra la ruta de decisión de buses (Av. Canadá primera intersección).

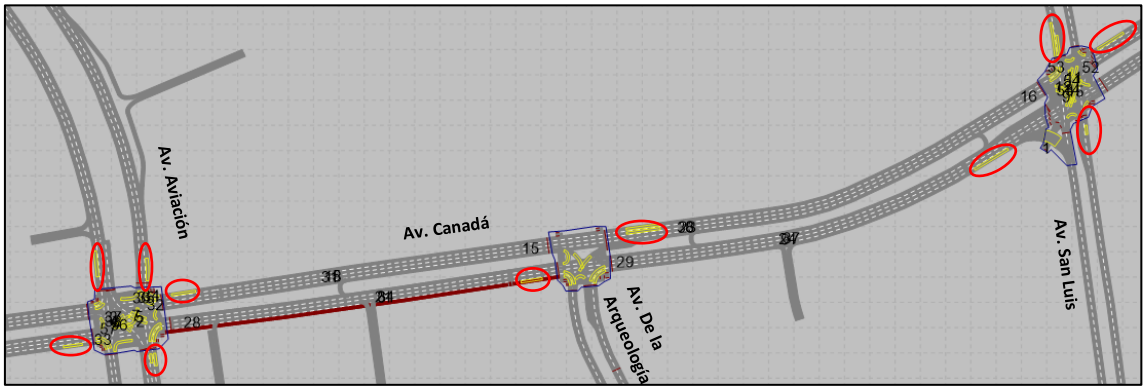



*Figura 58.* Ubicación de paraderos formales e informales en la modelación

*Fuente: Elaboración propia, 2018*

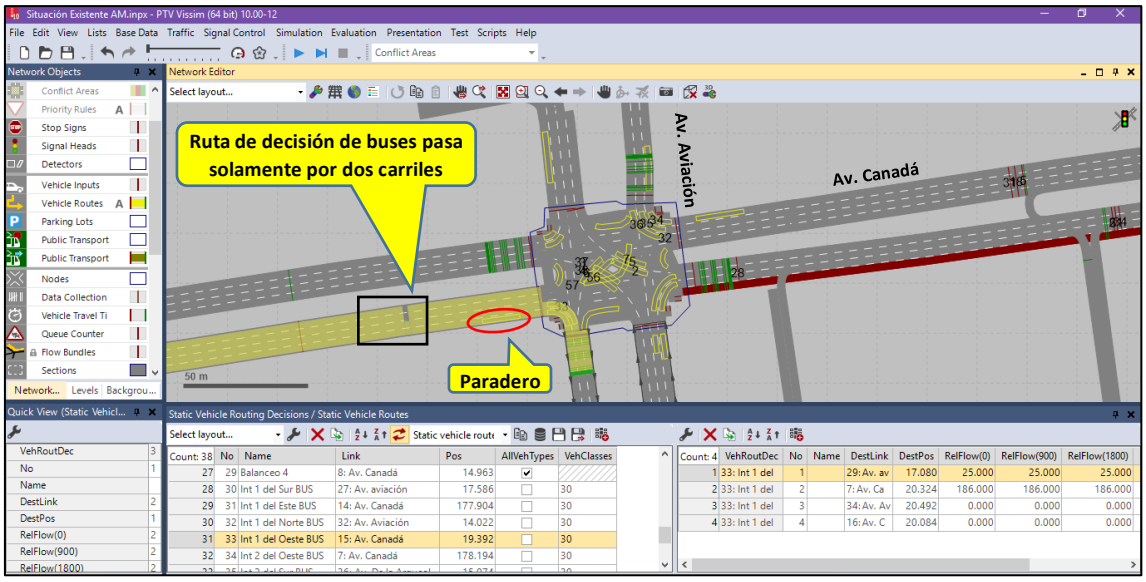



*Figura 59.* Rutas de decisión para buses de transporte público

*Fuente: Elaboración propia, 2018*

### 4.5.1.9 ***Particularidades de la Modelación.***

- Particularidad 1: Se ha identificado que la Av. Canadá comprendida entre la Av. Aviación y la Av. De la Arqueología en sentido Oeste-Este, opera solamente 3 carriles, pese a tener 4 carriles en los planos y en campo. Esto sucede debido a la invasión de talleres, locales comerciales y vehículos estacionados en el carril derecho, obstaculizando casi por completo.

Para modelar esta situación se ha considera como un obstáculo todo el carril derecho como se muestra en la Figura 60.

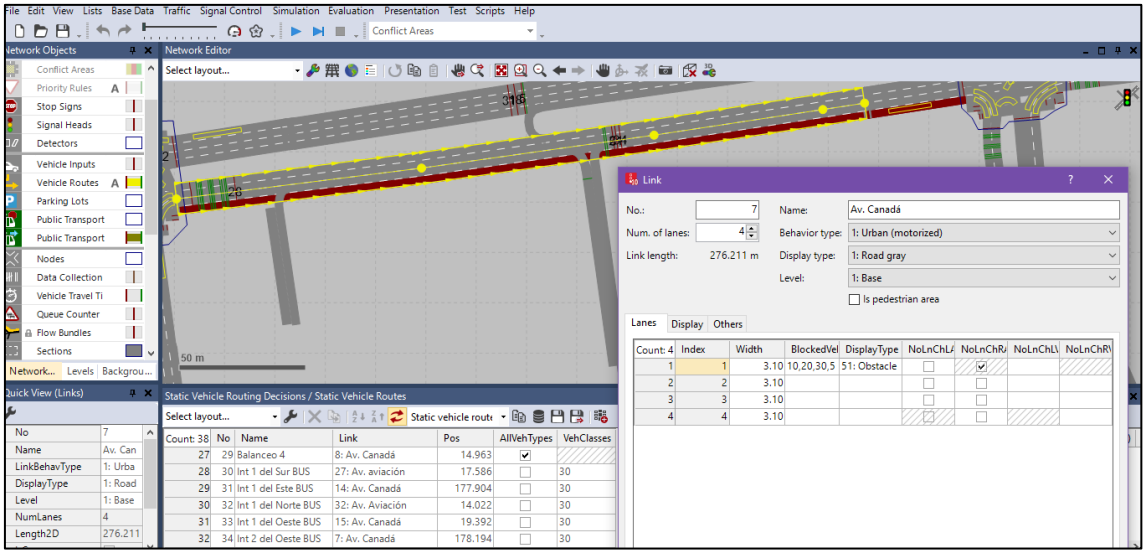


*Figura 60.* Particularidad 1: Carril derecho de la Av. Canadá bloqueado

*Fuente: Elaboración propia, 2018*

- Particularidad 2: Se ha realizado el balanceo de volúmenes vehicular para el sistema (Ver Figura 42). En el modelo se ha generado dos balanceos, a continuación, se muestra el primero y correspondiente al horario AM. Para el horario PM se realiza el mismo procedimiento con los respectivos volúmenes.

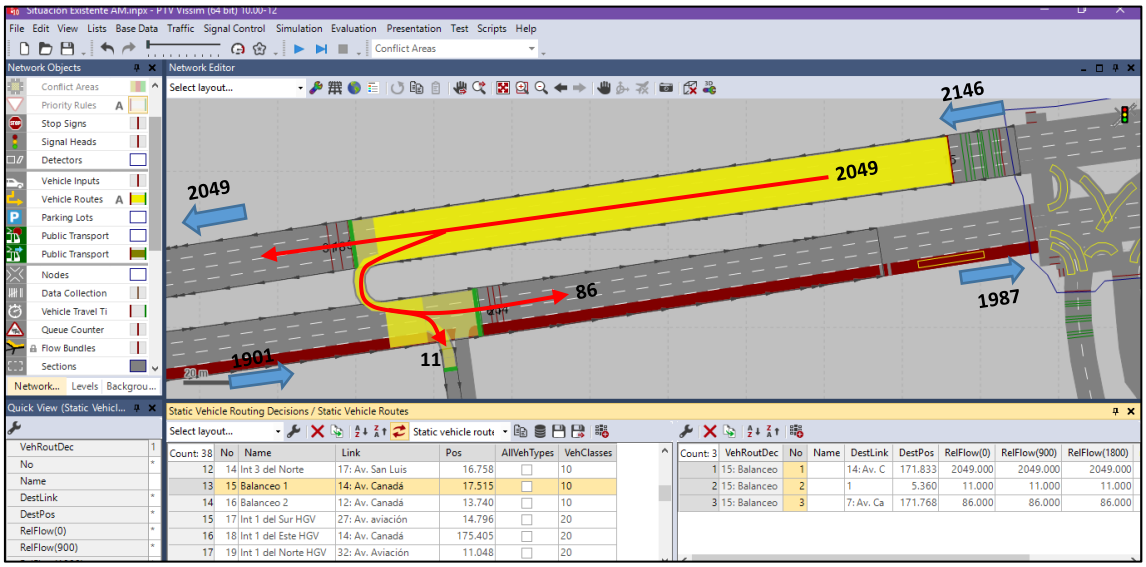



*Figura 61.* Particularidad 2: Balanceo de volúmenes vehiculares en horario AM

*Fuente: Elaboración propia, 2018*

### 4.5.2 Calibración del Modelo.

El presente trabajo contempla la aplicación del programa Vissim, por lo tanto, el modelo ha sido calibrado de acuerdo a estudios anteriores realizado por profesionales de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

Este proceso consistió en la modificación de los parámetros de Wiedeman 74 o 99 con la finalidad de conseguir resultados que representen a la condición de campo, con un nivel de confiabilidad y margen de error. En esta ocasión se utilizó el modelo Wideman 74 al ser una intersección urbana. Alcalá (2016) realizó la calibración del modelo Vissim para una intersección de Lima, donde tomó el tiempo de viaje como parametro de eficciencia para la calibración. Despues de 27 intentos con 15 corridas, identifico que el intento 23 y 25 son los que se acercan mas a los valores tomados en campo. Estos pasarón por una prueba de verificación mediante un analsiis estadistico (prueba de hipotesis) con un nivel de confiabilidad de 95% y marger de error permitido. En esta evaluación solo el intento 23 cumple con lo requierido.

La calibración consiste en modificar los parametros de Wideman 74 que viene por defecto en el programa, que son $a_x$, $b_{xadd}$ y $b_{xmult}$ con valores 2, 3 y 3 respectivamente. Estos valores son reemplazados por los valores obtenidos en el intento 23 que son $a_x$, $b_{xadd}$ y $b_{xmult}$ con valores 1, 3 y 5 respectivamente

Los valores calibrados son lógicos para el estilo de manejo predominante en Perú, ya que $a_x$ es la distancia de separación entre vehiculos, y en el Perú los conductores rara vez mantiene un distancia de 2 metros.

### 4.5.3 Validación del Modelo.

La validación se basa en reemplazar los datos de entradas por otros datos aforados en un horario diferente al analizado, con un procedimiento similar a la calibración, pues es necesario evaluarlo con las mismas condiciones. En la validación también se debe verificar los resultados mediante la prueba de hipótesis nula.

El presente trabajo consiste en la aplicación del modelo de microsimulación, con parámetros calibrados en estudios anteriores, ya que, los recursos para la realización de este estudio no contemplan los estudios de calibración y validación. En el estudio realizado por Alcalá (2016) se valido satisfactoriamenete el modelo para una intersección de Lima.

### 4.5.4 Resultados de la Modelación de la Situación Existente.

Los resultados de la modelación se pueden apreciar de manera completa en el **Anexo 4.** Como parámetros de efectividad de ha seleccionado lo siguiente: Longitud promedio de cola, longitud máxima de cola, número de paradas vehiculares, demoras vehiculares y finalmente los niveles de servicio vehicular.

Este episodio muestra el análisis de los parámetros de efectividad obtenidos del modelo, para determinar la calidad de la operatividad del tráfico en las intersecciones estudiadas. La evaluación de la situación actual empleando la herramienta de microsimulación Vissim se dio en horas de máxima demanda tanto en horario AM y PM. Cabe mencionar que los resultados mostrados a continuación son el promedio de 15 corridas con el software Vissim 10, el número de corridas cumple con el número mínimo de corridas recomendadas por la FHWA (2004).

#### 4.5.4.1 *Reporte de Parámetros de Efectividad.*

Se realizó el analisis operacional de las tres intersecciones estudiadas para condiciones existente AM y PM, en el cual, las medidas de efectividas seleccionadas y reportadas por el programa fueron: longitud promedio de cola, longitud máxima de cola, número de paradas vehiculares, demora vehicular y niveles de servicio vehicular. Los resultados operacionales de las condiciones existentes se muetran en la Tabla 12 (para el escenario AM) y la Tabla 13 (para el escenario PM).

La velocidad promedio en las vias analisizadas se presenta en la Tabla 14 (para escenarios AM y PM).

| Intersección | | Movimiento | Long. Prom. Cola | Long. Max. Cola | Nro. Paradas | Demora (seg) | NDS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Av. Canadá/Av. Aviación | W-E | 52.5 | 177.6 | 0.7 | 32.9 | C |
| | | W-W | 52.5 | 177.6 | 0.7 | 34.6 | C |
| | | W-S | 52.5 | 177.6 | 1.6 | 41.5 | D |
| | | W-N | 52.5 | 177.6 | 2.4 | 89.1 | F |
| | | E-E | 46.8 | 156.1 | 2.8 | 39.8 | C |
| | | E-W | 46.8 | 156.1 | 0.7 | 32.4 | C |
| | | E-S | 46.8 | 156.1 | 2.0 | 52.5 | D |
| | | E-N | 46.8 | 156.1 | 2.0 | 45.0 | D |
| | | S-E | 293.5 | 350.2 | 2.8 | 135.2 | F |
| | | S-W | 293.4 | 350.1 | 5.3 | 182.2 | F |
| | | S-S | 293.5 | 350.2 | 4.3 | 141.6 | F |
| | | S-N | 293.5 | 350.2 | 2.5 | 144.4 | F |
| | | N-E | 97.1 | 216.8 | 2.2 | 76.2 | E |
| | | N-W | 96.8 | 216.3 | 2.4 | 102.5 | F |
| | | N-S | 96.8 | 216.3 | 1.9 | 103.0 | F |
| | | N-N | 96.6 | 216.4 | 1.6 | 67.4 | E |
| | | Total | 139.5 | 350.2 | 1.5 | 64.8 | E |
| 3 | Av. Canadá/Av. San Luis | SW-N | 133.6 | 351.5 | 3.6 | 223.5 | F |
| | | N-SW | 177.4 | 345.7 | 2.3 | 131.4 | F |
| | | N-S | 177.4 | 345.7 | 2.0 | 128.8 | F |
| | | N-NE | 119.4 | 315.9 | 3.3 | 114.2 | F |
| | | N-N | 119.4 | 315.9 | 0.0 | 0.0 | F |
| | | S-NE | 359.0 | 430.0 | 1.7 | 120.1 | F |
| | | S-N | 359.0 | 430.0 | 1.1 | 107.6 | F |
| | | S-SW | 359.7 | 430.6 | 2.2 | 114.8 | F |
| | | S-SW | 327.8 | 428.1 | 2.9 | 119.3 | F |
| | | S-S | 327.8 | 428.1 | 0.0 | 0.0 | F |
| | | W-S | 149.6 | 373.0 | 2.5 | 46.5 | D |
| | | SW-NE | 187.4 | 372.5 | 1.1 | 54.7 | D |
| | | SW-N | 187.4 | 372.5 | 3.3 | 159.9 | F |
| | | NE-SW | 272.0 | 401.5 | 1.4 | 63.7 | E |
| | | NE-N | 272.0 | 401.5 | 1.7 | 80.2 | F |
| | | NE-S | 272.0 | 401.5 | 2.8 | 90.3 | F |
| | | Total | 231.8 | 476.3 | 1.6 | 79.3 | E |
| 2 | Av. Canadá/Av. Arqueología | E-W | 297.4 | 486.8 | 0.9 | 26.3 | C |
| | | E-E | 299.0 | 487.2 | 7.5 | 233.4 | F |
| | | E-S | 299.0 | 487.2 | 8.1 | 239.3 | F |
| | | S-E | 89.3 | 181.7 | 1.7 | 104.3 | F |
| | | S-W | 106.0 | 183.3 | 4.8 | 333.6 | F |
| | | S-S | 106.0 | 183.3 | 4.3 | 344.3 | F |
| | | W-E | 23.4 | 170.0 | 0.3 | 10.7 | A |
| | | W-W | 23.4 | 170.0 | 0.5 | 9.8 | B |
| | | W-S | 23.4 | 170.0 | 0.9 | 19.5 | B |
| | | Total | 163.0 | 487.2 | 1.1 | 39.1 | D |

*N:Norte, S:Sur, E:Este, W:Oeste*

Tabla 12. Resultados Operacionales – Condiciones Existentes 2018– AM

| Intersección | | Movimiento | Long. Prom. Cola | Long. Max. Cola | Nro. Paradas | Demora (seg) | NDS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Av. Canadá/Av. Aviación | W-E | 60.6 | 206.1 | 0.8 | 36.3 | C |
| | | W-W | 60.6 | 206.1 | 0.0 | 0.0 | F |
| | | W-S | 60.6 | 206.1 | 1.9 | 45.7 | D |
| | | W-N | 60.6 | 206.1 | 2.2 | 107.9 | F |
| | | E-E | 97.4 | 239.3 | 6.1 | 116.6 | F |
| | | E-W | 97.4 | 239.3 | 1.4 | 58.1 | E |
| | | E-S | 97.4 | 239.3 | 4.0 | 132.8 | F |
| | | E-N | 97.4 | 239.3 | 2.4 | 66.8 | E |
| | | S-E | 239.0 | 341.3 | 2.8 | 144.3 | F |
| | | S-W | 238.9 | 341.2 | 3.4 | 117.1 | F |
| | | S-S | 239.0 | 341.3 | 2.5 | 105.8 | F |
| | | S-N | 239.0 | 341.3 | 2.4 | 146.7 | F |
| | | N-E | 251.9 | 291.6 | 4.0 | 146.3 | F |
| | | N-W | 251.4 | 291.1 | 3.3 | 148.7 | F |
| | | N-S | 251.4 | 291.1 | 3.0 | 150.3 | F |
| | | N-N | 251.6 | 291.3 | 3.6 | 140.4 | F |
| | | Total | 198.7 | 353.4 | 2.02 | 85.48 | F |
| 3 | Av. Canadá/Av. San Luis | SW-N | 3.1 | 28.2 | 1.4 | 73.7 | E |
| | | N-SW | 250.3 | 399.2 | 2.2 | 134.2 | F |
| | | N-S | 250.3 | 399.2 | 1.9 | 134.0 | F |
| | | N-NE | 235.6 | 399.4 | 4.1 | 141.2 | F |
| | | N-N | 235.6 | 399.4 | 0.0 | 0.0 | F |
| | | S-NE | 50.0 | 179.8 | 1.5 | 79.2 | F |
| | | S-N | 50.0 | 179.8 | 1.0 | 69.0 | E |
| | | S-SW | 50.6 | 180.5 | 1.7 | 68.3 | E |
| | | S-SW | 17.7 | 138.1 | 2.1 | 74.0 | E |
| | | S-S | 17.7 | 138.1 | 0.0 | 0.0 | F |
| | | W-S | 238.5 | 422.9 | 2.8 | 53.8 | D |
| | | SW-NE | 245.3 | 417.0 | 1.2 | 56.7 | E |
| | | SW-N | 245.3 | 417.0 | 2.6 | 115.2 | F |
| | | NE-SW | 55.4 | 174.3 | 0.8 | 36.7 | D |
| | | NE-N | 55.4 | 174.3 | 1.2 | 54.0 | D |
| | | NE-S | 55.4 | 174.3 | 2.2 | 74.0 | E |
| | | Total | 127.4 | 444.6 | 1.43 | 64.54 | E |
| 2 | Av. Canadá/Av. Arqueología | E-W | 23.6 | 137.8 | 0.3 | 8.5 | A |
| | | E-E | 25.2 | 129.7 | 2.7 | 72.0 | D |
| | | E-S | 25.2 | 129.7 | 3.9 | 112.3 | F |
| | | S-E | 4.7 | 48.1 | 1.3 | 68.6 | E |
| | | S-W | 40.6 | 106.5 | 3.0 | 177.4 | F |
| | | S-S | 40.6 | 106.5 | 2.5 | 173.9 | F |
| | | W-E | 100.4 | 316.2 | 0.9 | 24.4 | C |
| | | W-W | 100.4 | 316.2 | 2.1 | 32.8 | C |
| | | W-S | 100.4 | 316.2 | 1.2 | 25.6 | C |
| | | Total | 38.9 | 323.5 | 0.85 | 26.79 | C |

*N:Norte, S:Sur, E:Este, W:Oeste*

Tabla 13. Resultados Operacionales – Condiciones Existentes 2018 – PM

| Vía Urbana | Tiempo de viaje (min) | | Velocidad de viaje (km/h) | |
|---|---|---|---|---|
| | AM | PM | AM | PM |
| 1: Av. Canadá O-E | 3.7 | 5.0 | 16.4 | 12.4 |
| 2: Av. Canadá E-O | 4.7 | 3.7 | 13.1 | 16.5 |

Tabla 14. Velocidad Promedio de Viaje – Condiciones Existentes 2018

Es importante resaltar que Vissim es un programa microscópico que refleja no solo el comportamiento vehicular, sino también la interacción con los peatones; toma en cuenta también la presencia de vehículos pesados y sus limitaciones de maniobras y movimientos en comparación a vehículos ligeros; por lo tanto, los resultados de nivel de servicio, longitud de cola, velocidad promedio de viaje, demoras, etc. consideran todas las interacciones de los usuarios de las vías.

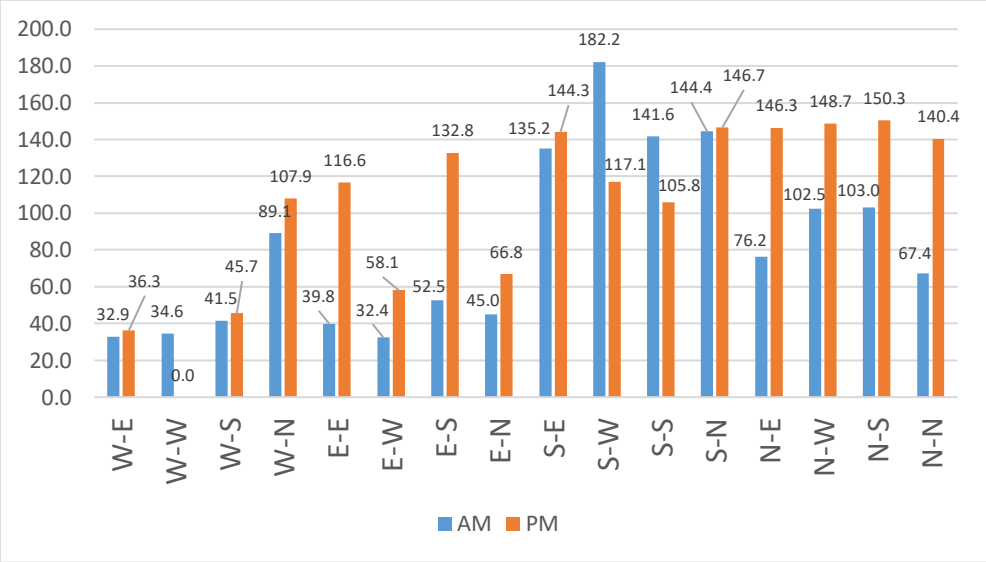



*Figura 62.* Demoras vehiculares por acceso en la Intersección Av. Canadá & Av. Aviación

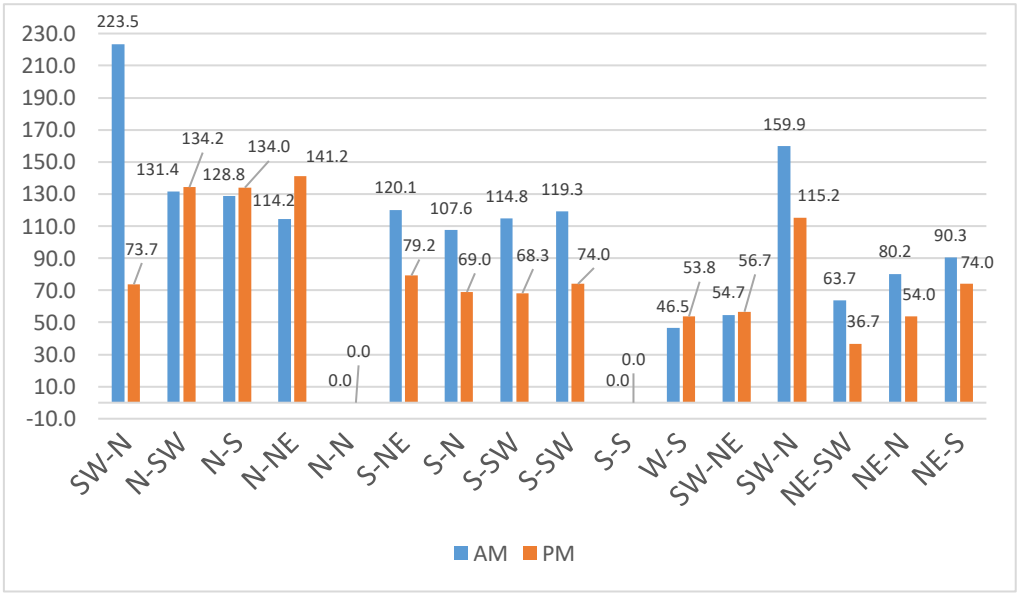



*Figura 63.* Demoras vehiculares por acceso en la Intersección Av. Canadá & Av. San Luis

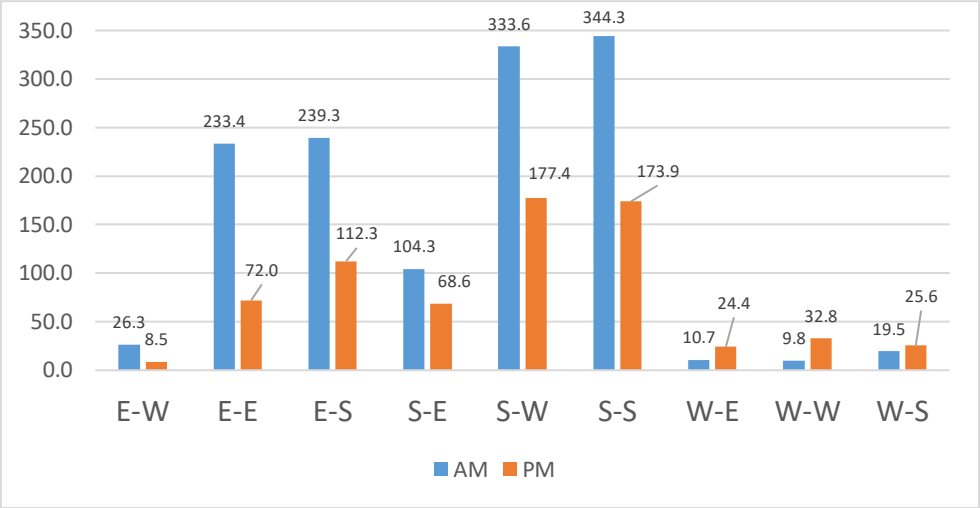



*Figura 64.* Demoras vehiculares por acceso en la Intersección Av. Canadá & Av. De la Arqueología

**Condiciones AM**

De la Tabla 12, Tabla 14, Figura 62, Figura 63 y Figura 64 se puede obtener las siguientes afirmaciones:

- Las mayores longitudes promedio de cola ocurren en la intersección de Av. San Luis y Av. Canadá, aproximadamente 360 metros de cola en la intersección.
- Av. Aviación / Av. Canadá: La Figura 62 muestra que, los movimientos con mayor demora son el giro Oeste – Norte (W-N) con 89.1 segundos y todos los movimientos del acceso Sur: giro Sur – Este (S-E) con 135.2 segundos, giro Sur – Oeste (S-W) con 182.2 segundos, movimiento Sur – Norte (S-N) con 144.4 segundos y el giro en "U" (S-S) con 141.6 segundos. Además, los movimientos del Norte hacia el Oeste (N-W) y Sur (N-S) presentan demoras iguales a 102.5 y 103.0 segundos respectivamente. La mayoría de los movimientos en esta intersección operan en la actualidad con NDS F. La intersección, en general, opera en la actualidad con una demora aproximada de 65 segundos y NDS E.
- Av. San Luis / Av. Canadá: La mayor demora se presenta en el giro izquierdo de la Av. Canadá proveniente del Oeste (SW-N) con valor de 223.5 y 159.9 por cada carril (en la modelación se considera dos carriles de giro representando las condiciones existente), la mayor demora que presenta el ingreso Norte es el movimiento al Oeste (N-SW) con 131.4 segundos, en el ingreso sur la mayor demora ocurre en el giro derecho (S-NE) con 120.1

segundos y finalmente, en el ingreso Este las demoras son ligeramente menores. La mayoría de los movimientos en esta intersección operan en la actualidad con NDS F y el resto operan con NDS que varían entre E y D. La intersección, en general, opera en la actualidad con una demora aproximada de 80 segundos y NDS E.

- Av. Canadá / Av. Arqueología: La Av. Canadá presenta demoras claramente menores que la Av. Aviación, el cual presenta demoras de 333.6 y 344.3 segundos en los giros Sur – Oeste (S-W) y giro en "U" (S-S) respectivamente; además, en el movimiento Este – Sur (E-S) y giro en "U" (E-E) se aprecian demoras superiores a los 230 segundos. Los movimientos en esta intersección operan en la actualidad con diferentes NDS, variando desde NDS A hasta NDS F. La intersección, en general, opera en la actualidad con una demora aproximada de 40 segundos y NDS D.
- El tiempo de viaje en la Av. Canadá es de 3.7 minutos en sentido Oeste – Este y de 4.7 minutos en sentido Este – Oeste, y la velocidad de viaje es de 16.4 km/h y 13.1 km/h en sentido Oeste – Este y viceversa respectivamente.

**Condiciones PM**

De la Tabla 13, Tabla 14, Figura 62, Figura 63 y Figura 64 se puede obtener las siguientes afirmaciones:

- Las mayores longitudes promedio de cola ocurren en la intersección de Av. Canadá y Av. Aviación, aproximadamente 251 metros de cola en la intersección.
- Av. Aviación / Av. Canadá: Los movimientos con mayor demora son los provenientes de Norte, movimiento Norte – Sur (N-S) con 150.3 segundos, movimiento Norte – Este (N-E) y Oeste (N-W) con 146.3 y 148.7 segundos respectivamente. Además, se aprecia que los movimientos del acceso Sur presentan demoras por encima de 100 segundos, en especial el giro Sur – Este (S-E) que genera una demora de 144.3 segundos. Por otro lado, en la Av. Canadá ingreso Este, la mayor demora es genera por el giro izquierdo Este – Sur (E-S) con 132.8 segundos; mientras que, en el ingreso Oeste, el movimiento de giro izquierdo Oeste – Norte (W-N) presenta una demora de 107.9 segundos. La mayoría de los movimientos en esta intersección operan en la actualidad con NDS F con excepción de algunos movimientos que

funcionan con NDS E y un movimiento con NDS D. La intersección, en general, opera en la actualidad con una demora aproximada de 85 segundos y NDS F.

- Av. San Luis / Av. Canadá: Los movimientos provenientes del Norte son los que generan mayores demoras en la intersección, el giro Norte – Oeste (N-SW) presenta 134.2 segundos de demora, el movimiento Norte – Sur (N-S) y el giro izquierdo Norte –Este (N-NE) presentan demoras de 134.0 y 141.2 segundos respectivamente. En movimiento de giro izquierdo proveniente del Oeste (SW-N) genera 73.7 y 115.2 segundos de demora en cada carril, mientras que, los demás movimientos presentan demoras por debajo de 100 segundos, en especial el movimiento Este – Oeste (NE-SW) que genera una demora de 36.7 segundos, siendo este la mínima demora de la intersección. Los movimientos en esta intersección operan en la actualidad con NDS F y E o mejores, con excepción de 3 movimientos que operan con NDS D. La intersección, en general, opera en la actualidad con una demora aproximada de 65 segundos y NDS E.
- Av. Canadá / Av. Arqueología: En esta intersección las demoras generadas en el horario PM son claramente menores que las obtenidas para el horario AM. La Av. Canadá presenta demoras menores que la Av. De la Arqueología, el cual presenta demoras de 177.4 y 173.9 segundos en los giros Sur – Oeste (S-W) y giro en "U" (S-S) respectivamente; además, el movimiento Este – Sur (E-S) presenta una demora de 112.3 segundos y el giro en "U" (E-E) se aprecia 72.0 segundos de demora. Las demoras de los demás movimientos son relativamente bajos, en especial el movimiento Este – Oeste (E-W) que presenta una demora mínima de 8.5 segundo. Los movimientos en esta intersección operan en la actualidad con diferentes NDS, un movimiento con NDS A, tres movimientos con NDS C, un movimiento con NDS E y tres movimientos con NDS F. La intersección, en general, opera en la actualidad con una demora aproximada de 27 segundos y NDS C.
- El tiempo de viaje en la Av. Canadá es de 5.0 minutos en sentido Oeste – Este y de 3.7 minutos en sentido Este – Oeste, y la velocidad de viaje es de 12.4 km/h y 16.5 km/h en sentido Oeste – Este y viceversa respectivamente.

# Capítulo 5: Propuestas de Mejora

## 5.1 Propuesta 1: Mejora en el Sistema de Semaforización

Como primera alternativa de solución se propone la optimización de los ciclos semafóricos, las fases semafóricas y coordinación. Esta propuesta no genera ningún costo significativo, ya que, se pretende modificar (optimizar) el ciclo actual de los semáforos manteniendo todas las fases existentes. Además, se considera la implementación de la teoría de la "ola verde" que consiste en la sincronización de las tres intersecciones evaluadas. La optimización se realizó aplicando la metodología del Highway Capacity Manual HCM y con programas de soporte como Microsoft Excel y la versión estudiantil de SUMO Simulation of Urban MObility.

**Duración del ciclo**: La ecuación de Webster's provee la duración optima de un ciclo.

$$C_o = \frac{1.5L + 5}{1 - Y}$$

Donde:

Co = duración del ciclo optimo, segundos

L = tiempo total perdido durante un ciclo que consiste en el tiempo acción reacción menos la porción de ámbar usada por los chóferes.

Y = suma de las ratios de flujo de los movimientos críticos.

Al realizar la optimización de ciclos semafóricos de cada intersección en el horario AM, se obtuvo el valor de 100 segundos de ciclo para la intersección Av. Aviación & Av. Canadá y la intersección Av. Canadá & Av. San Luis, por otro lado, para la intersección Av. Canadá & Av. De la Arqueología se obtuvo un ciclo semafórico de 60 segundos. Sin embargo, para la coordinación de semáforos de las tres intersecciones se requiere el mismo valor de ciclo semafórico, el cual se determinó como 100 segundos. De la misma forma se realizó la optimización de ciclos y fases semafóricas para el horario PM, dando como resultado un ciclo de 90 segundos para la intersección de la Av. Canadá con la Av. Aviación y la Av. San Luis, y de 65 segundos en la intersección de la Av. Canadá con la Av. De la Arqueología, de los cuales se determinó un ciclo de 90 segundos para la coordinación de las tres intersecciones.

Posteriormente se optimizó las fases semafóricas de cada intersección, los cuales se observan en la Figura 65 para el horario AM y en la Figura 66 para el horario PM.

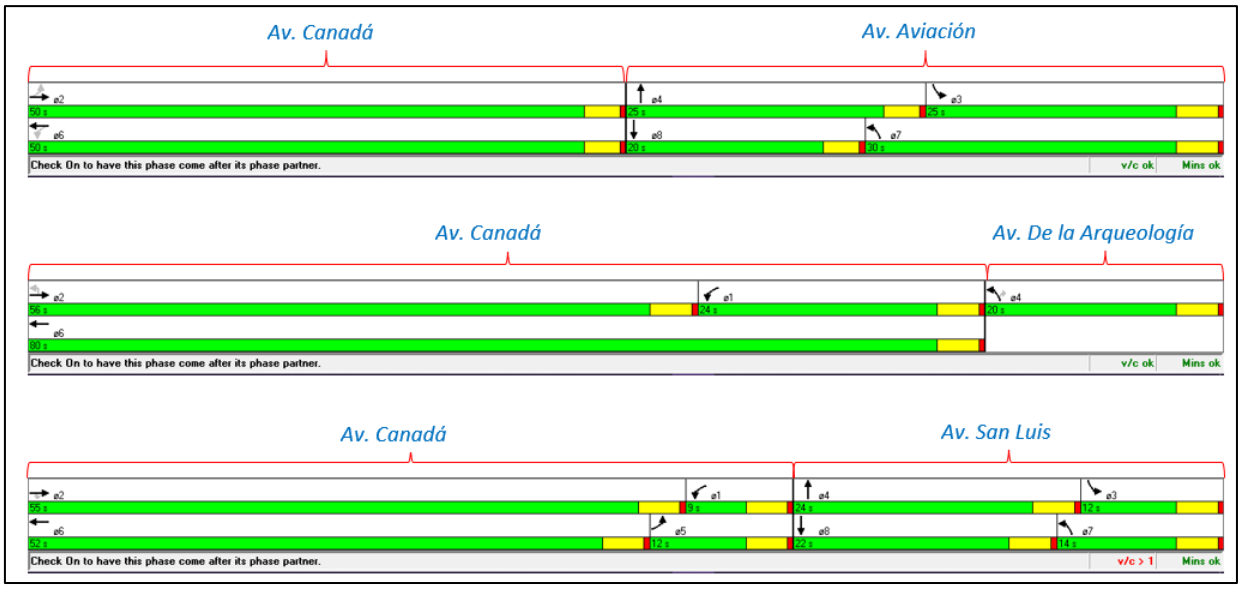



*Figura 65.* Fases semafóricas optimizadas para el horario AM (Ciclo semafórico: 100 segundos)

*Fuente: Elaboración Propia, 2019*

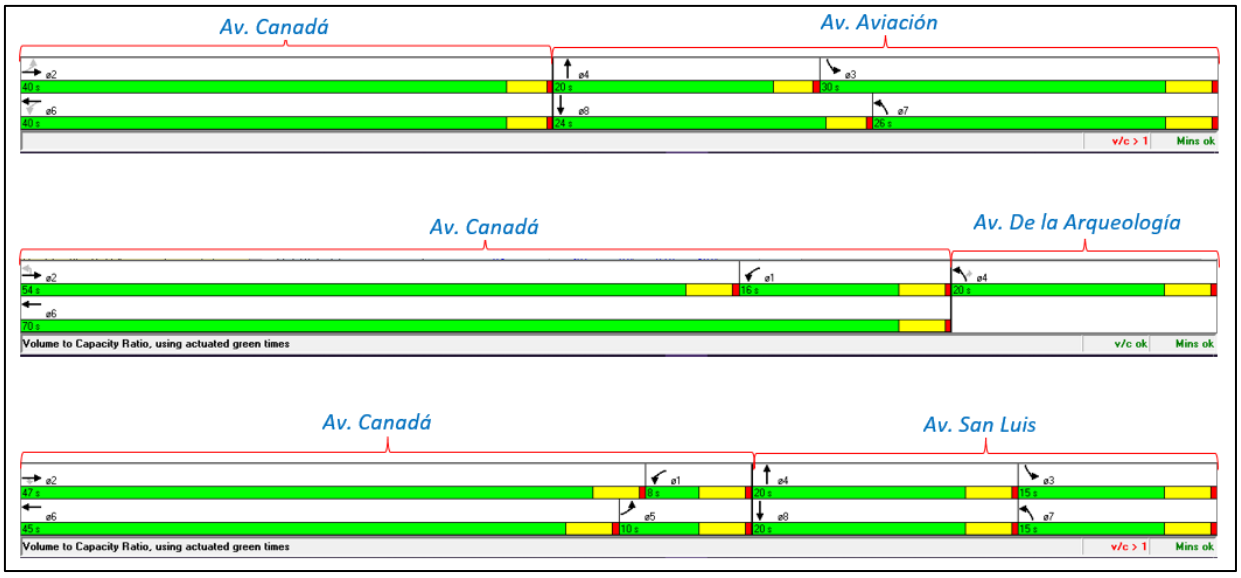



*Figura 66.* Fases semafóricas optimizadas para el horario PM (Ciclo semafórico: 90 segundos)

*Fuente: Elaboración Propia, 2019*

**Coordinación de semáforos:** El coordinar semáforos predeterminados puede conseguirse si es que cada intersección tiene la misma duración del ciclo, más no necesariamente la misma distribución de verde, ámbar y rojo.

- Offset (separación, descuadre, demora) es la diferencia entre un tiempo de referencia y el inicio de la primera fase verde.

- Las líneas representan las trayectorias a velocidad constante del primer y último vehículo en la intersección que pueden cruzar el sistema sin detenerse.
- La diferencia en el eje tiempo de la gráfica entre las líneas paralelas se conoce como la Banda de Cruce.
- Al dividir la Banda de Cruce entre la típica separación vehicular, se puede calcular el número de vehículos que formar el pelotón.
- Esta Banda de Cruce puede ser reajustado moviendo el eje tiempo en cada una de las intersecciones.
- Existen diseños balanceados, donde ambas bandas (ida y vuelta) son iguales.

Posterior a la optimización de ciclo y fases, se realizó la coordinación de las tres intersecciones. Se ha identificado en los aforos vehiculares que durante el horario AM existe mayor flujo vehicular en sentido Este – Oeste, por el contrario, en el horario PM, el flujo vehicular predominantes es en el sentido Oeste – Este. Por lo tanto, durante la coordinación se da mayor prioridad al flujo proveniente del Este (líneas de color rojo) como se muestra en la Figura 67; por otro lado, en la Figura 68 se muestra la coordinación para el horario PM, donde se da prioridad al flujo dominante que se dirige de Oeste – Este (líneas de color azul).

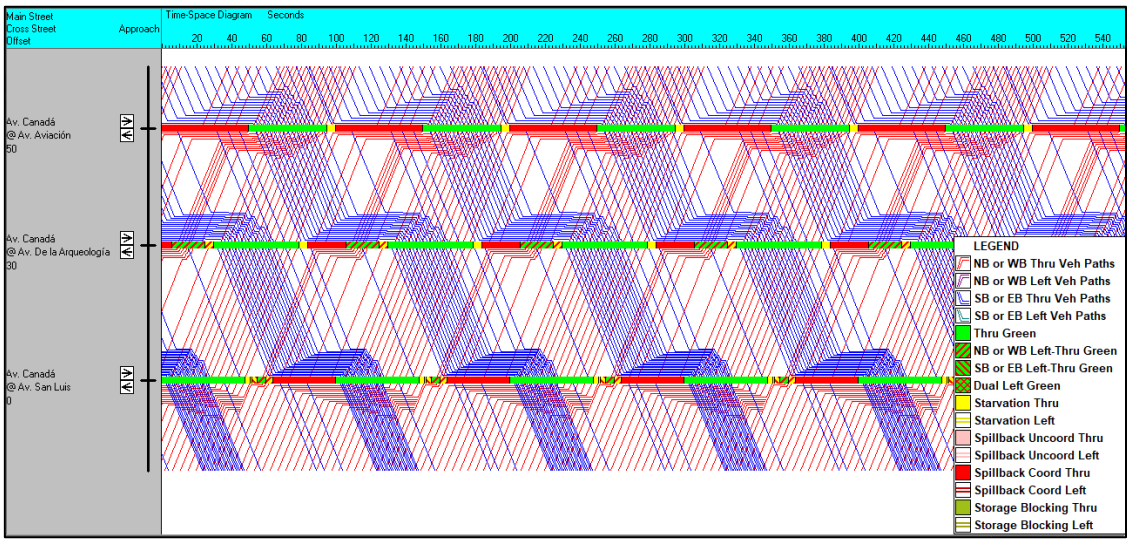



*Figura 67.* Coordinación de semáforos de las intersecciones en horario AM

*Fuente: Elaboración Propia, 2019*

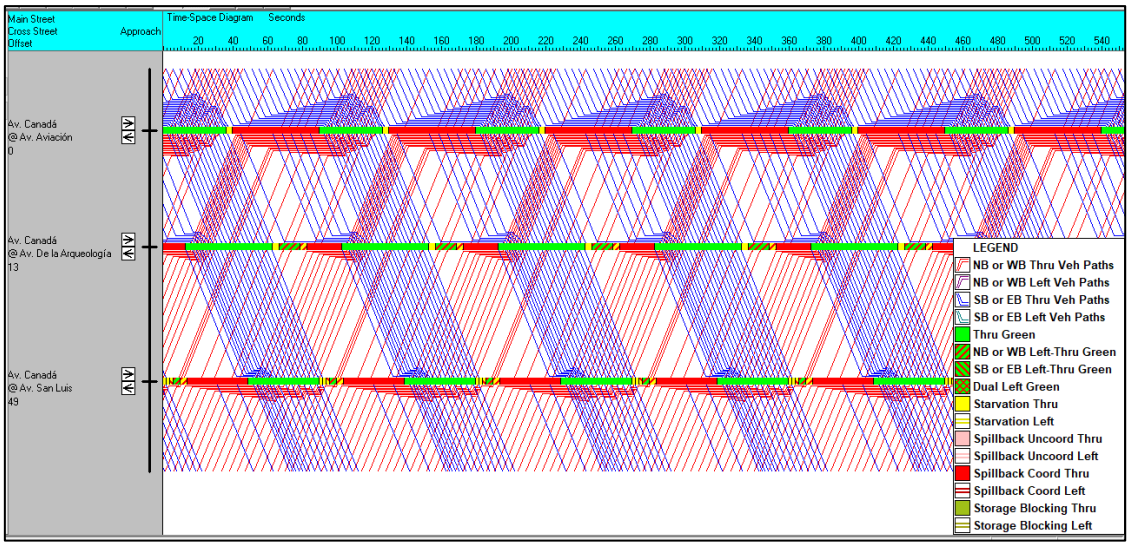



*Figura 68.* Coordinación de semáforos de las intersecciones en horario PM

*Fuente: Elaboración Propia, 2019*

Se toma 4 valores para el ciclo semafórico de las intersecciones, estos valores servirán como base para la optimización de tiempos semafóricos en la modelación Vissim, teniendo en cuenta los valores iniciales se procede con la iteración de valores (ciclos y fases semafóricos) hasta llegar al valor mínimo del tiempo de viaje, variable seleccionada, en la Av. Canadá. Los valores seleccionados del ciclo para la iteración fueron 100, 120, 180 y 200 segundos en el horario AM y 90, 120, 180, 200; las fases de cada ciclo fueron optimizados con la herramienta “optimize intersection splits” del programa de soporte. El tiempo de ciclo y fases semafóricas son insertadas en la herramienta “Signal Control” de Vissim las cuales se observan en el **Anexo 05**.

En la Tabla 15 se muestra el resumen de los resultados de la interacción con ciclos semafóricos de 100 (ciclo base), 120, 180 y 200 segundos para el horario AM. Con un ciclo semafóricos de 180 segundos se obtuvo un tiempo de demora de 2.7 minutos en el sentido Oeste – Este y 2.8 minutos en el sentido Este – Oeste de la Av. Canadá, estos tiempos de viaje son claramente menores en comparación con los tiempos de viaje de la situación existente que son de 3.7 y 4.7 minutos en sentido Oeste – Este y viceversa respectivamente en la Av. Canadá. Por otro lado, en la Tabla 16 se muestra el resumen de los resultados de la interacción con ciclos semafóricos de 90 (ciclo base), 120, 180 y 200 segundos para el horario PM. Con un ciclo semafóricos de 120 segundos se obtuvo un tiempo de demora de 3.8 minutos en el sentido Oeste – Este y 3.6 minutos en el sentido Este – Oeste de la Av. Canadá, estos tiempos de viaje son claramente menores en comparación con los tiempos de viaje de la situación existente que son de 5.0 y 3.7 minutos en sentido Oeste – Este y viceversa respectivamente en la Av. Canadá

| N° Intento | | Ciclo | Via | Tiempo de Viaje (seg) | Distancia de Viaje (m) | Velocidad de Viaje (Km/h) | Tiempo de Viaje (min) | Tiempo de Viaje Promedio (min) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | Situación Existente | 180 seg | 1: Av. Canadá O-E | 224.0 | 1020.0 | 16.4 | 3.7 | 4.2 |
| | | | 2: Av. Canadá E-O | 280.1 | 1020.0 | 13.1 | 4.7 | |
| 1 | Prueba 1 Base | 100 seg | 1: Av. Canadá O-E | 198.3 | 1020.0 | 18.5 | 3.3 | 3.9 |
| | | | 2: Av. Canadá E-O | 264.7 | 1020.0 | 13.9 | 4.4 | |
| 2 | Prueba 2 | 120 seg | 1: Av. Canadá O-E | 154.5 | 1020.0 | 23.8 | 2.6 | 3.0 |
| | | | 2: Av. Canadá E-O | 204.5 | 1020.0 | 18.0 | 3.4 | |
| 3 | Prueba 3 | 180 seg | 1: Av. Canadá O-E | 160.3 | 1020.0 | 22.9 | 2.7 | 2.7 |
| | | | 2: Av. Canadá E-O | 165.7 | 1020.0 | 22.2 | 2.8 | |
| 4 | Prueba 4 | 200 seg | 1: Av. Canadá O-E | 152.4 | 1020.0 | 24.1 | 2.5 | 2.8 |
| | | | 2: Av. Canadá E-O | 187.1 | 1020.0 | 19.6 | 3.1 | |

Tabla 15. Tiempo de viaje con diferentes ciclos semafóricos para la Propuesta 1 – Horario AM

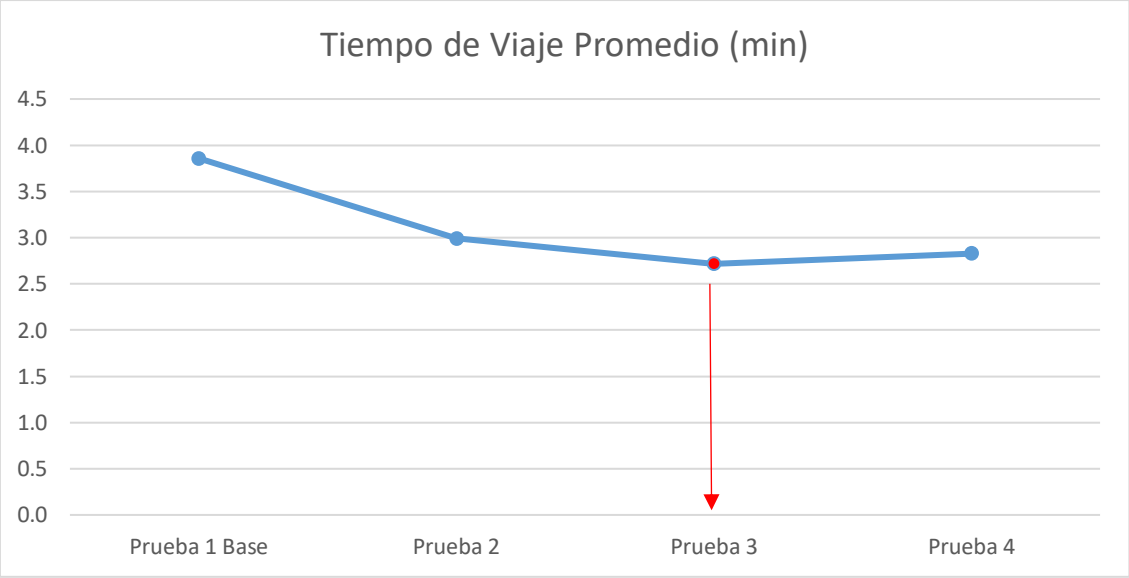



*Figura 69.* Tiempo de viaje promedio con tiempos de ciclo de 100, 120, 180 y 200 segundo para la Propuesta 1 – Horario AM

*Fuente: Elaboración Propia, 2019*

| N° Intento | | Ciclo | Via | Tiempo de Viaje (seg) | Distancia de Viaje (m) | Velocidad de Viaje (Km/h) | Tiempo de Viaje (min) | Tiempo de Viaje Promedio (min) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | Situación Existente | 180 seg | 1: Av. Canadá O-E | 297.2 | 1020.0 | 12.4 | 5.0 | 4.3 |
| | | | 2: Av. Canadá E-O | 221.4 | 1020.0 | 16.5 | 3.7 | |
| 1 | Prueba 1 Base | 90 seg | 1: Av. Canadá O-E | 211.3 | 1020.0 | 17.5 | 3.5 | 3.9 |
| | | | 2: Av. Canadá E-O | 251.4 | 1020.0 | 14.5 | 4.2 | |
| 2 | Prueba 2 | 120 seg | 1: Av. Canadá O-E | 227.1 | 1020.0 | 16.3 | 3.8 | 3.7 |
| | | | 2: Av. Canadá E-O | 216.0 | 1020.0 | 16.9 | 3.6 | |
| 3 | Prueba 3 | 180 seg | 1: Av. Canadá O-E | 206.0 | 1020.0 | 17.9 | 3.4 | 5.3 |
| | | | 2: Av. Canadá E-O | 435.7 | 1020.0 | 8.4 | 7.3 | |
| 4 | Prueba 4 | 200 seg | 1: Av. Canadá O-E | 216.9 | 1020.0 | 17.0 | 3.6 | 6.7 |
| | | | 2: Av. Canadá E-O | 585.2 | 1020.0 | 6.2 | 9.8 | |

Tabla 16. Tiempo de viaje con diferentes ciclos semafóricos – Horario PM

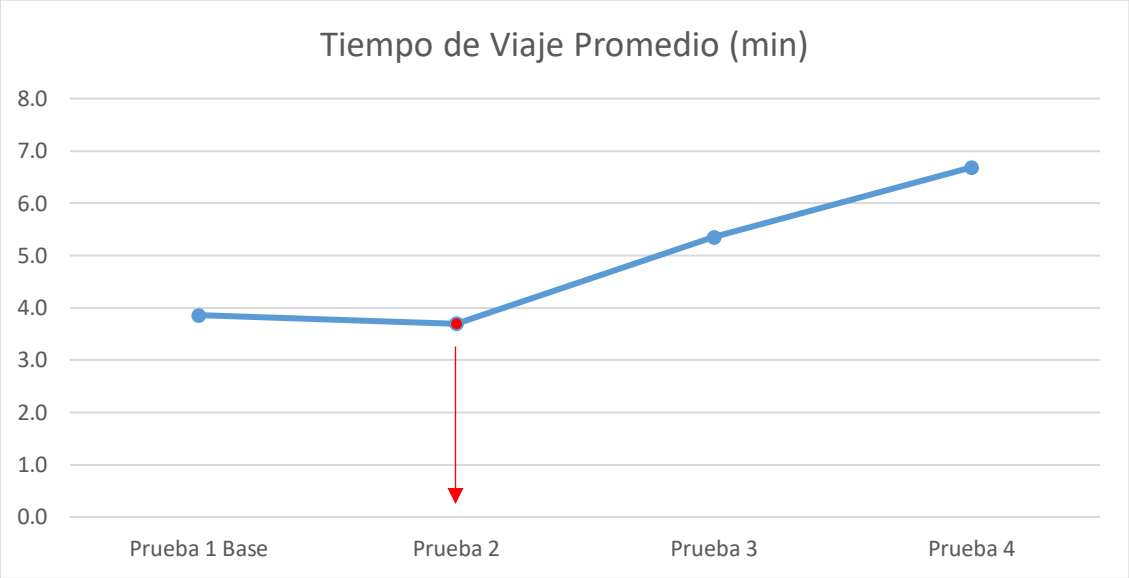
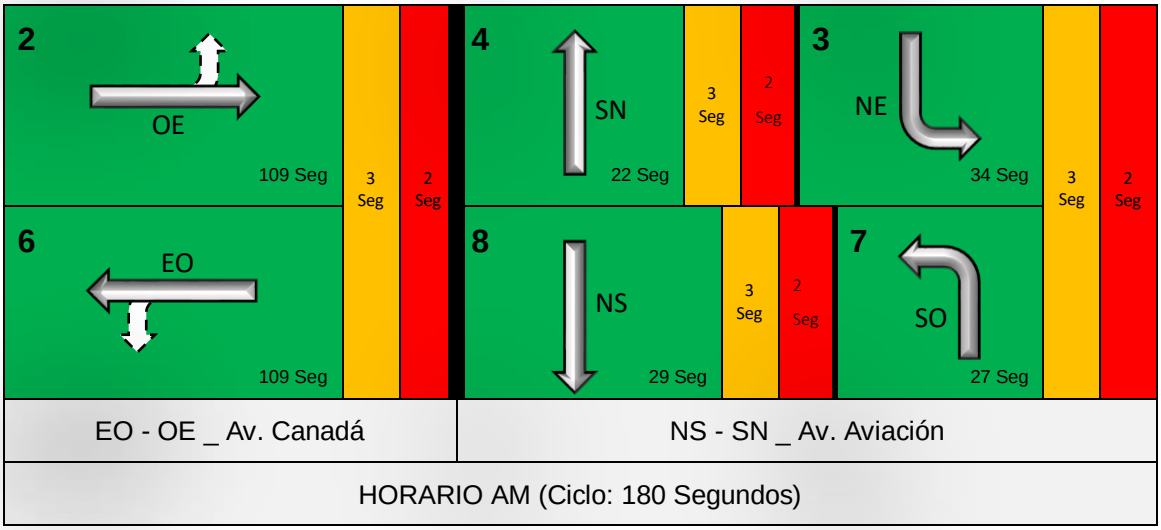



*Figura 70.* Tiempo de viaje promedio con tiempos de ciclo de 90, 120, 180 y 200 segundo – Horario PM

*Fuente: Elaboración Propia, 2019*

Del proceso iterativo se concluye que el ciclo semafórico que presente menor tiempo de viaje es 180 segundos para el horario AM y 120 segundos para el horario PM; además de disminuir los tiempos de viaje, se observa un incremento en la velocidad de viaje de los vehículos de 16.4 km/h a 22.9 km/h en sentido Oeste – Este y de 13.1 km/h a 22.2 km/h en sentido Este – Oeste en el horario AM, y de 12.4 km/h a 16.3 km/h en sentido Oeste – Este y de 16.5 km/h a 16.9 km/h en sentido Este – Oeste en el horario PM.

A continuación, se muestra los Diagramas NEMA de la semaforización en las tres intersecciones; como se aprecia, cada intersección cuenta con fases de giro izquierdo protegido. Además, todas las fases son independiente y flexibles, ya que pueden ser modificados dependiendo de la demanda vehicular de cada movimiento.



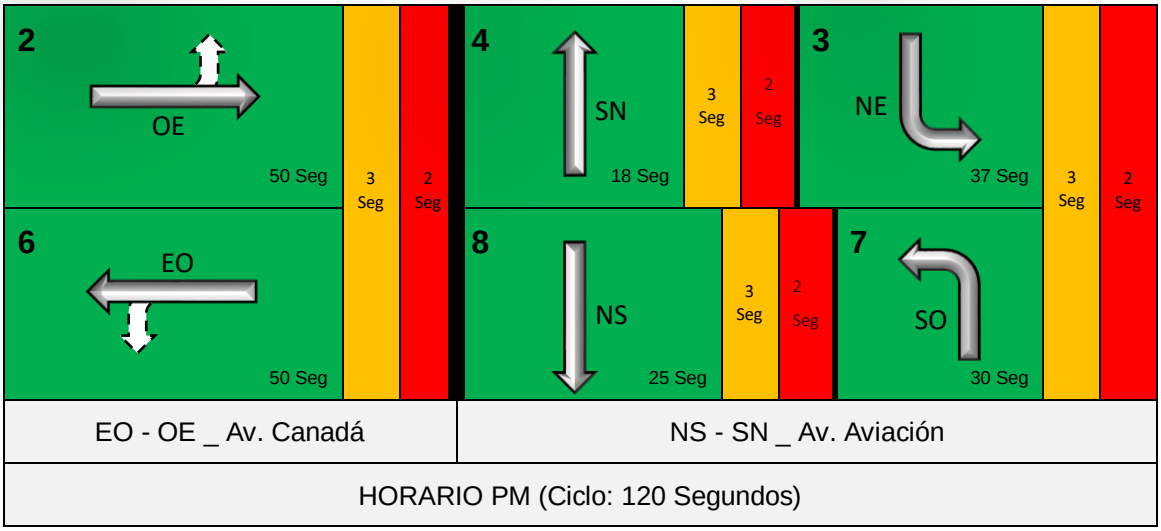
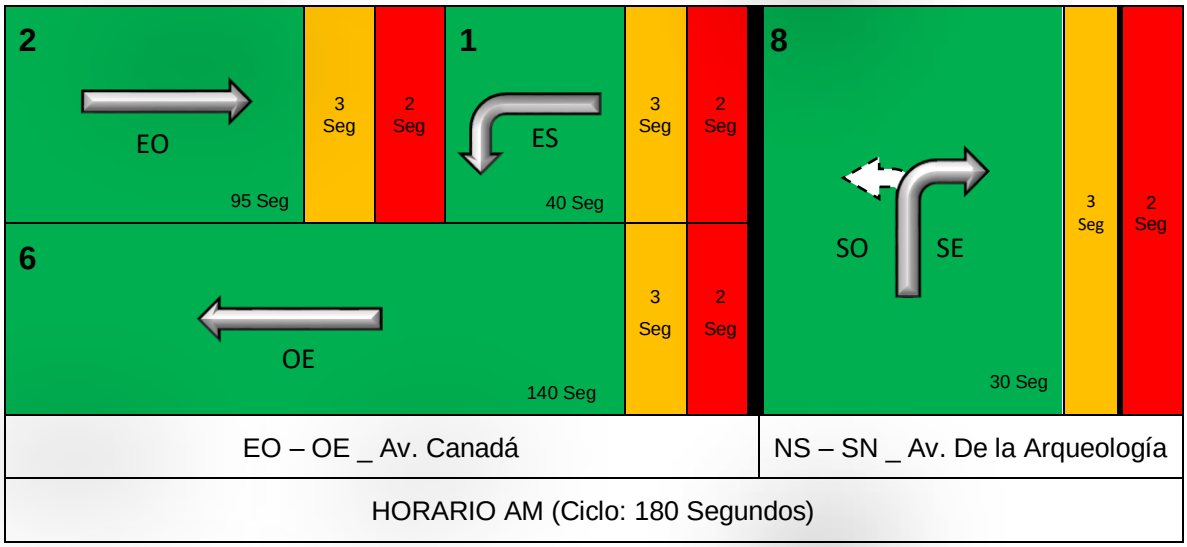




*Figura 71.* Diagrama Nema de fases semafóricas de la Intersección Av. Canadá & Av. Aviación – Propuesta 1

*Fuente: Elaboración propia, 2019*



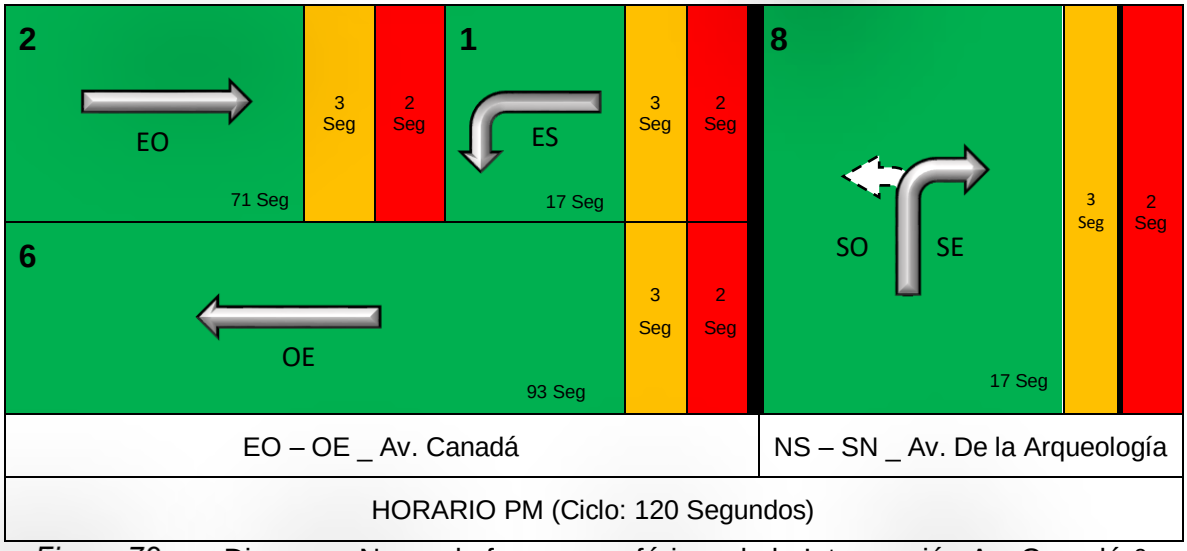
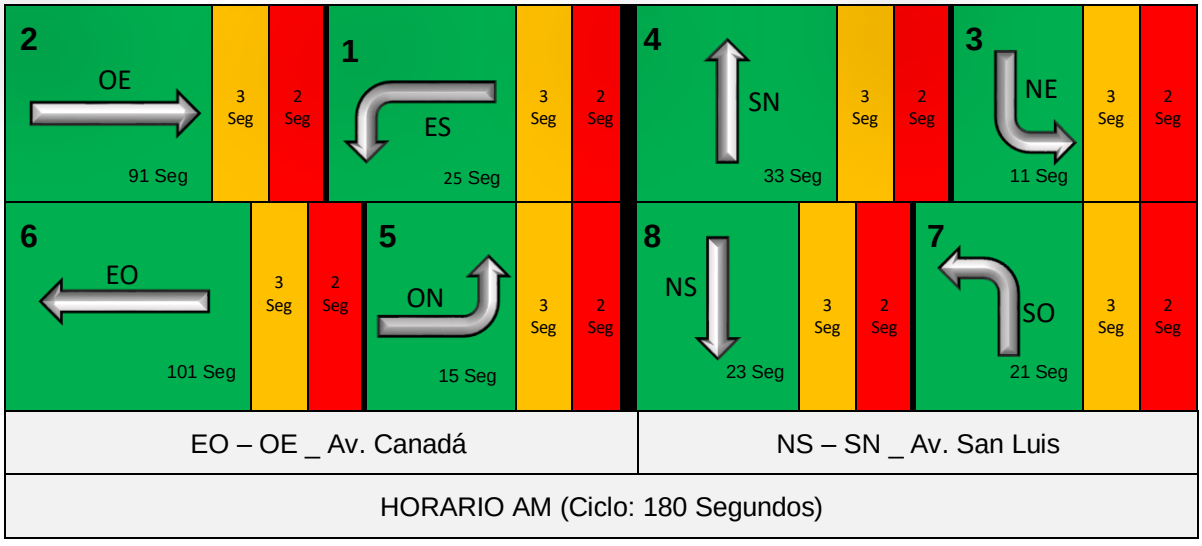




*Figura 72.* Diagrama Nema de fases semafóricas de la Intersección Av. Canadá & Av. De la Arqueología – Propuesta 1

*Fuente: Elaboración propia, 2019*



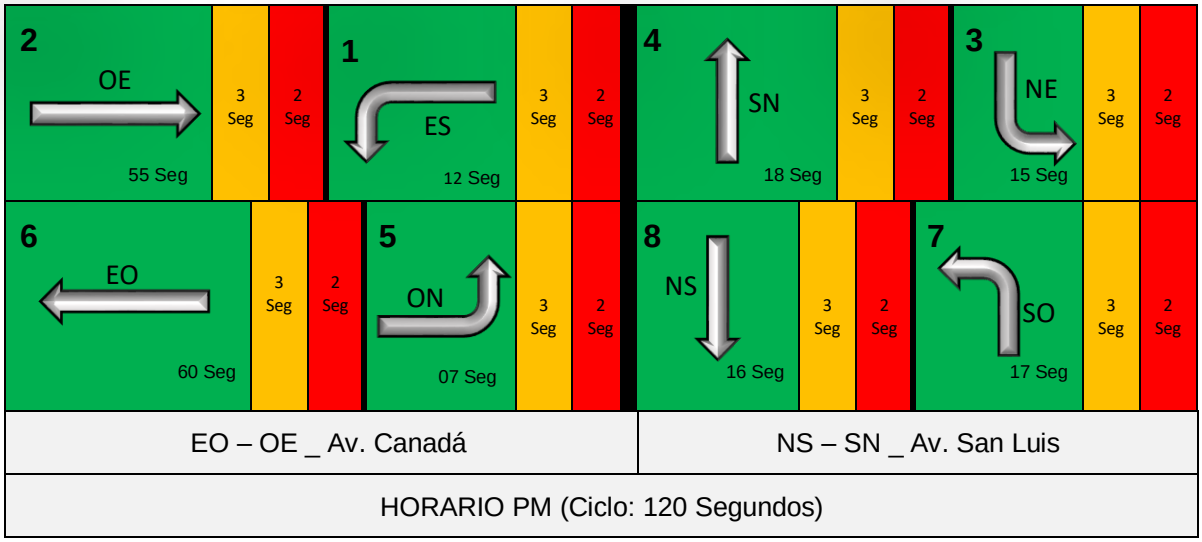



*Figura 73.* Diagrama Nema de fases semafóricas de la Intersección Av. Canadá & Av. San Luis – Propuesta 1

*Fuente: Elaboración propia, 2019*

Adicionalmente, estas modificaciones deberán ir acompañadas de mantenimiento de las señales verticales y horizontales (marcas en el pavimento).

### 5.1.1 Resultados de la Modelación de la Propuesta 1.

Los resultados operacionales para la Propuesta de Mejora 1 se muetran en la Tabla 17 (para el escenario AM) y la Tabla 18 (para el escenario PM).

| Interseccion | | Movimiento | Long. Prom. Cola | Long. Max. Cola | Nro. Paradas | Demora (seg) | NDS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Av. Canadá/Av. Aviación | W-E | 36.2 | 162.8 | 0.6 | 22.3 | C |
| | | W-W | 36.2 | 162.8 | 0.7 | 26.1 | C |
| | | W-S | 36.2 | 162.8 | 1.3 | 30.0 | C |
| | | W-N | 36.2 | 162.8 | 2.3 | 93.3 | F |
| | | E-E | 28.6 | 188.1 | 0.2 | 1.6 | A |
| | | E-W | 28.6 | 188.1 | 0.3 | 10.4 | A |
| | | E-S | 28.6 | 188.1 | 1.6 | 25.8 | C |
| | | E-N | 28.6 | 188.1 | 1.8 | 23.8 | C |
| | | S-E | 292.3 | 350.0 | 3.4 | 225.4 | F |
| | | S-W | 292.5 | 349.9 | 2.6 | 129.0 | F |
| | | S-S | 292.5 | 350.0 | 2.1 | 105.7 | F |
| | | S-N | 282.6 | 350.0 | 2.4 | 136.0 | F |
| | | N-E | 98.3 | 291.6 | 2.2 | 75.3 | E |
| | | N-W | 275.1 | 291.1 | 4.4 | 202.4 | F |
| | | N-S | 95.7 | 291.1 | 1.8 | 102.2 | F |
| | | N-N | 275.2 | 291.3 | 2.1 | 152.9 | F |
| | | Total | 135.0 | 346.2 | 1.1 | 61.9 | E |
| 3 | Av. Canadá/Av. San Luis | SW-N | 18.8 | 81.2 | 1.7 | 133.7 | F |
| | | N-SW | 427.8 | 452.2 | 3.1 | 290.9 | F |
| | | N-S | 427.8 | 452.2 | 2.7 | 76.9 | E |
| | | N-NE | 410.4 | 452.0 | 3.0 | 191.4 | F |
| | | N-N | 410.4 | 452.0 | 0.0 | 0.0 | F |
| | | S-NE | 400.0 | 430.6 | 2.3 | 180.0 | F |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | S-N | 400.0 | 430.6 | 1.4 | 79.6 | E |
| | | S-SW | 400.6 | 431.3 | 1.9 | 148.9 | F |
| | | S-SW | 288.1 | 428.2 | 1.8 | 118.7 | F |
| | | S-S | 288.1 | 428.2 | | | |
| | | W-S | 8.6 | 114.2 | 1.2 | 15.4 | B |
| | | SW-NE | 23.8 | 125.5 | 0.4 | 20.0 | B |
| | | SW-N | 23.8 | 125.5 | 2.5 | 71.2 | E |
| | | NE-SW | 102.5 | 289.2 | 0.9 | 36.0 | D |
| | | NE-N | 102.5 | 289.2 | 1.3 | 48.4 | D |
| | | NE-S | 102.5 | 289.2 | 2.1 | 50.9 | D |
| | | Total | 231.2 | 452.3 | 1.1 | 63.7 | E |
| 2 | Av. Canadá/Av. Arqueología | E-W | 200.2 | 364.1 | 1.0 | 38.4 | D |
| | | E-E | 197.0 | 364.8 | 6.4 | 176.2 | F |
| | | E-S | 197.0 | 364.8 | 6.9 | 162.8 | F |
| | | S-E | 25.8 | 118.2 | 1.2 | 68.6 | E |
| | | S-W | 49.9 | 120.4 | 3.0 | 173.0 | F |
| | | S-S | 49.9 | 120.4 | 2.5 | 178.0 | F |
| | | W-E | 8.4 | 72.9 | 0.1 | 4.6 | A |
| | | W-W | 8.4 | 72.9 | 0.7 | 7.2 | A |
| | | W-S | 8.4 | 72.9 | 0.9 | 10.7 | B |
| | | Total | 96.3 | 364.8 | 1.0 | 36.2 | D |

*N:Norte, S:Sur, E:Este, W:Oeste*

Tabla 17. Resultados Operacionales – Propuesta 1 (AM)

| Interseccion | | Movimiento | Long. Prom. Cola | Long. Max. Cola | Nro. Paradas | Demora (seg) | NDS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Av. Canadá/Av. Aviación | W-E | 114.1 | 244.0 | 1.1 | 48.0 | D |
| | | W-W | 114.1 | 244.0 | 0.0 | 0.0 | F |
| | | W-S | 114.1 | 244.0 | 2.6 | 72.5 | E |
| | | W-N | 114.1 | 244.0 | 2.0 | 76.3 | E |
| | | E-E | 90.1 | 251.4 | 4.2 | 88.3 | F |
| | | E-W | 90.1 | 251.4 | 1.8 | 66.2 | E |
| | | E-S | 90.1 | 251.4 | 3.3 | 94.7 | F |
| | | E-N | 90.1 | 251.4 | 3.1 | 85.7 | F |
| | | S-E | 231.8 | 350.2 | 5.3 | 143.1 | F |
| | | S-W | 231.8 | 350.1 | 2.5 | 77.4 | E |
| | | S-S | 231.8 | 350.2 | 2.0 | 83.3 | E |
| | | S-N | 231.8 | 350.2 | 4.2 | 138.6 | F |
| | | N-E | 171.4 | 268.2 | 1.9 | 65.6 | E |
| | | N-W | 170.9 | 267.7 | 3.9 | 153.9 | F |
| | | N-S | 170.9 | 267.7 | 3.1 | 138.6 | F |
| | | N-N | 171.0 | 267.9 | 1.7 | 61.2 | E |
| | | Total | 180.4 | 365.5 | 2.01 | 84.62 | F |
| 3 | Av. Canadá/Av. San Luis | SW-N | 3.1 | 37.0 | 1.6 | 67.5 | E |
| | | N-SW | 422.7 | 454.2 | 3.8 | 265.8 | F |
| | | N-S | 422.7 | 454.2 | 3.7 | 264.4 | F |
| | | N-NE | 190.3 | 453.7 | 2.9 | 75.1 | E |
| | | N-N | 365.4 | 453.7 | 0.0 | 0.0 | F |
| | | S-NE | 235.6 | 420.3 | 2.8 | 139.2 | F |
| | | S-N | 235.1 | 420.3 | 1.8 | 76.2 | E |
| | | S-SW | 235.6 | 421.0 | 2.1 | 143.5 | F |
| | | S-SW | 152.2 | 318.5 | 1.5 | 95.2 | F |
| | | S-S | 152.2 | 318.5 | | | |
| | | W-S | 61.8 | 259.8 | 2.3 | 35.9 | C |
| | | SW-NE | 89.2 | 266.8 | 1.2 | 45.3 | D |
| | | SW-N | 89.2 | 266.8 | 3.1 | 116.0 | F |
| | | NE-SW | 37.3 | 133.5 | 0.7 | 23.0 | C |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | NE-N | 37.3 | 133.5 | 1.2 | 39.5 | D |
| | | NE-S | 37.3 | 133.5 | 1.8 | 44.4 | D |
| | | Total | 119.6 | 454.4 | 1.51 | 63.75 | E |
| 2 | Av. Canadá/Av. Arqueología | E-W | 4.7 | 55.4 | 0.2 | 4.5 | A |
| | | E-E | 1.6 | 51.3 | 0.5 | 9.3 | A |
| | | E-S | 1.6 | 51.3 | 1.1 | 20.2 | C |
| | | S-E | 2.8 | 29.2 | 1.0 | 46.7 | D |
| | | S-W | 16.8 | 71.1 | 1.9 | 80.8 | E |
| | | S-S | 16.8 | 71.1 | 1.3 | 70.8 | E |
| | | W-E | 23.9 | 93.3 | 0.4 | 13.3 | B |
| | | W-W | 23.9 | 93.3 | 1.6 | 22.5 | C |
| | | W-S | 23.9 | 93.3 | 1.4 | 23.6 | C |
| | | Total | 10.0 | 96.1 | 0.47 | 13.33 | B |

*N:Norte, S:Sur, E:Este, W:Oeste*

Tabla 18. Resultados Operacionales – Propuesta 1 (PM)

En la Tabla 19 se presenta el tiempo de viaje y la velocidad de viaje obtenidos del reporte de la Propuesta 1, para ambos sentidos de la Av. Canadá, para ello se toma una distancia de 1020 metros en el sentido Este – Oeste y Oeste – Este.

| Vía Urbana | Tiempo de viaje (min) | | Velocidad de viaje (km/h) | |
|---|---|---|---|---|
| | AM | PM | AM | PM |
| 1: Av. Canadá O-E | 2.7 | 3.8 | 22.9 | 16.2 |
| 2: Av. Canadá E-O | 2.8 | 3.6 | 22.2 | 16.9 |

Tabla 19. Velocidad Promedio de Viaje – Propuesta 1

## 5.2 Propuesta 2: Mejora Global (Geometría, Semaforización, Señalización, etc.)

La segunda propuesta de mitigación está enfocada en 4 puntos específicamente: operación y control de tránsito (semáforo), geometría, señalización y paraderos de transporte público. Para mayor información y detalle de las propuestas de mejora, ver el Plano N° 3 del **Anexo 1**.

### 5.2.1 Operación y Control de Tránsito.

Como recomendaciones generales se presentan los siguientes puntos:

- Eliminar los contadores de tiempo en los semáforos. Estos generan que los conductores, al ver que queda poco tiempo de rojo, intenten cruzar y bloqueen la intersección.
- Incrementar el tiempo de ámbar en todas las fases debido a que esta intersección cuenta con cruces extensos que requieren ser compensados con el tiempo en ámbar.
- Colocar los semáforos de acuerdo a la siguiente relación:

  Número de caras de semáforos = (n-1), siendo “n” el número de carriles. Por ejemplo, en la Av. Canadá existen 5 carriles en el ingreso a la intersección,

por lo tanto, se deberá colocar 4 caras de semáforos alineados con las líneas separadoras de carril respectivamente. Si el número de carriles fuese igual al número de caras semafóricas, estas deberán alinearse con el eje central de cada uno de los carriles por sentido. Se recomienda una distancia mínima de 12 metros entre la barra de pare y las caras semafóricas (referencia Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras 2016 y Manual of Uniform Traffic Control Devices - MUTCD, EEUU).

Como recomendaciones específicas para cada intersección se presentan el ciclo óptimo y tiempos de cada fase semafórica, los cuales fueron determinados mediante un proceso iterativo en el programa Excel y su posterior incorporación de cada ciclo y fase al modelo Vissim.

| N° Intento | | Ciclo | Via | Tiempo de Viaje (seg) | Distancia de Viaje (m) | Velocidad de Viaje (Km/h) | Tiempo de Viaje (min) | Tiempo de Viaje Promedio (min) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Prueba 1 | 90 seg | 1: Av. Canadá O-E | 273.6 | 1020.0 | 13.4 | 4.6 | 3.8 |
| | | | 2: Av. Canadá E-O | 182.8 | 1020.0 | 20.0 | 3.0 | |
| 2 | Prueba 2 | 120 seg | 1: Av. Canadá O-E | 266.8 | 1020.0 | 13.8 | 4.4 | 4.3 |
| | | | 2: Av. Canadá E-O | 244.3 | 1020.0 | 14.9 | 4.1 | |
| 3 | Prueba 3 | 150 seg | 1: Av. Canadá O-E | 268.7 | 1020.0 | 13.7 | 4.5 | 4.5 |
| | | | 2: Av. Canadá E-O | 271.0 | 1020.0 | 13.5 | 4.5 | |
| 4 | Prueba 4 | 180 seg | 1: Av. Canadá O-E | 202.9 | 1020.0 | 18.1 | 3.4 | 3.6 |
| | | | 2: Av. Canadá E-O | 224.6 | 1020.0 | 16.2 | 3.7 | |

Tabla 20. Tiempo de viaje con diferentes ciclos semafóricos para la Propuesta 2 – Horario AM

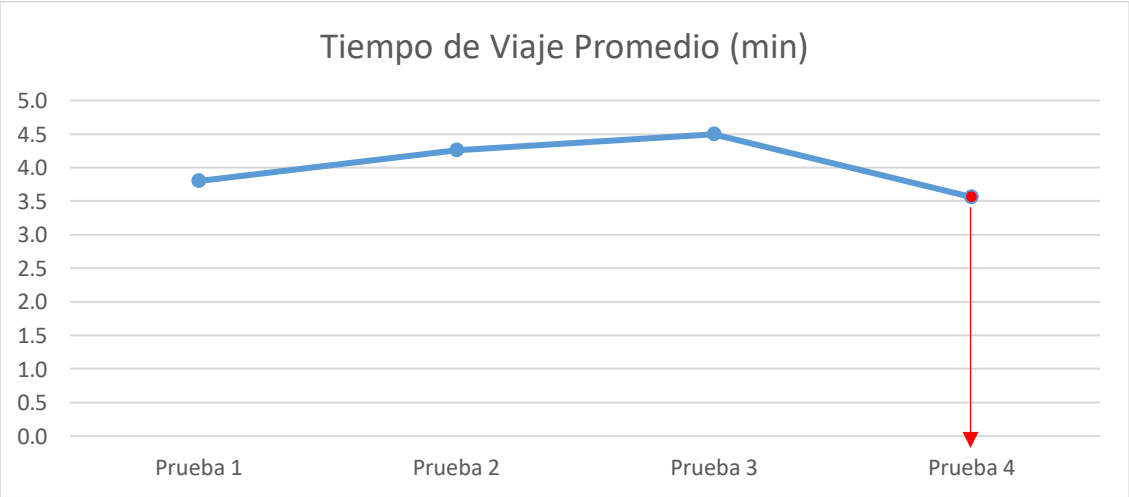



*Figura 74.* Tiempo de viaje promedio con tiempos de ciclo de 100, 120, 150 y 180 segundo para la Propuesta 2 – Horario AM

*Fuente: Elaboración Propia, 2019*

| N° Intento | | Ciclo | Via | Tiempo de Viaje (seg) | Distancia de Viaje (m) | Velocidad de Viaje (Km/h) | Tiempo de Viaje (min) | Tiempo de Viaje Promedio (min) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Prueba 1 | 100 seg | 1: Av. Canadá O-E | 213.6 | 1020.0 | 17.2 | 3.6 | 4.2 |
| | | | 2: Av. Canadá E-O | 286.5 | 1020.0 | 12.7 | 4.8 | |
| 2 | Prueba 2 | 120 seg | 1: Av. Canadá O-E | 215.2 | 1020.0 | 17.1 | 3.6 | 3.8 |
| | | | 2: Av. Canadá E-O | 245.0 | 1020.0 | 14.9 | 4.1 | |
| 3 | Prueba 3 | 150 seg | 1: Av. Canadá O-E | 206.4 | 1020.0 | 17.8 | 3.4 | 4.7 |
| | | | 2: Av. Canadá E-O | 352.5 | 1020.0 | 10.3 | 5.9 | |
| 4 | Prueba 4 | 180 seg | 1: Av. Canadá O-E | 215.0 | 1020.0 | 17.1 | 3.6 | 6.3 |
| | | | 2: Av. Canadá E-O | 540.6 | 1020.0 | 6.7 | 9.0 | |

Tabla 21. Tiempo de viaje con diferentes ciclos semafóricos para la Propuesta 2 – Horario PM

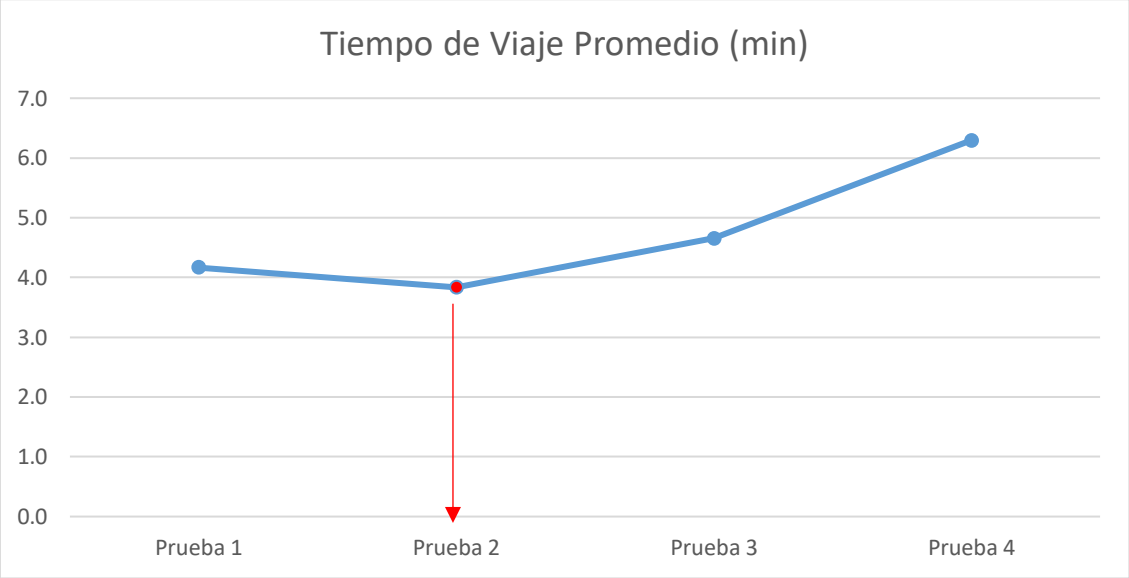



*Figura 75.* Tiempo de viaje promedio con tiempos de ciclo de 100, 120, 150 y 180 segundo para la Propuesta 2 – Horario PM

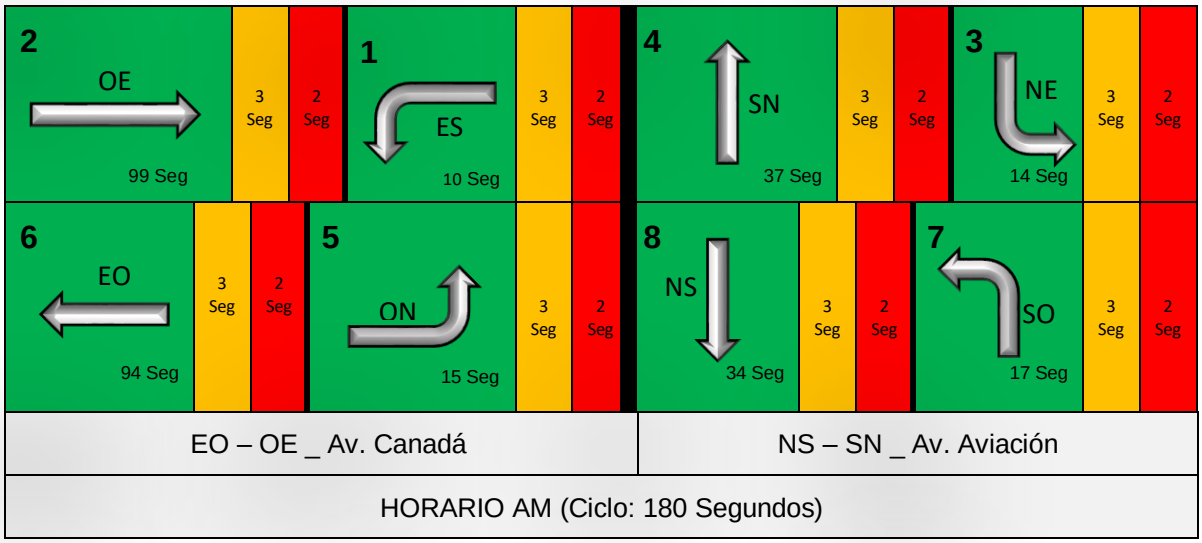
*Fuente: Elaboración Propia, 2019*

### A. Intersección Av. Canadá & Av. Aviación

Actualmente esta intersección presenta una semaforización con giro protegido/permitido en la Av. Aviación en ambos sentidos (norte – sur y sur – norte); sin embargo, la operación de la intersección es deficiente debido a que la semaforización no tiene consistencia con la geometría y los tiempos semafóricos no abastecen la demanda generando desorden.

- Se recomienda modificar las fases de la semaforización de acuerdo al Diagrama Nema Propuesto en la Figura 76, donde se agrega una fase

protegida/permitida para la Av. Canadá en ambos sentidos. Esta modificación requerirá implementar un carril exclusivo de giro a la izquierda proveniente del este y oeste. Nótese que todos los carriles deberán ser claramente canalizados.



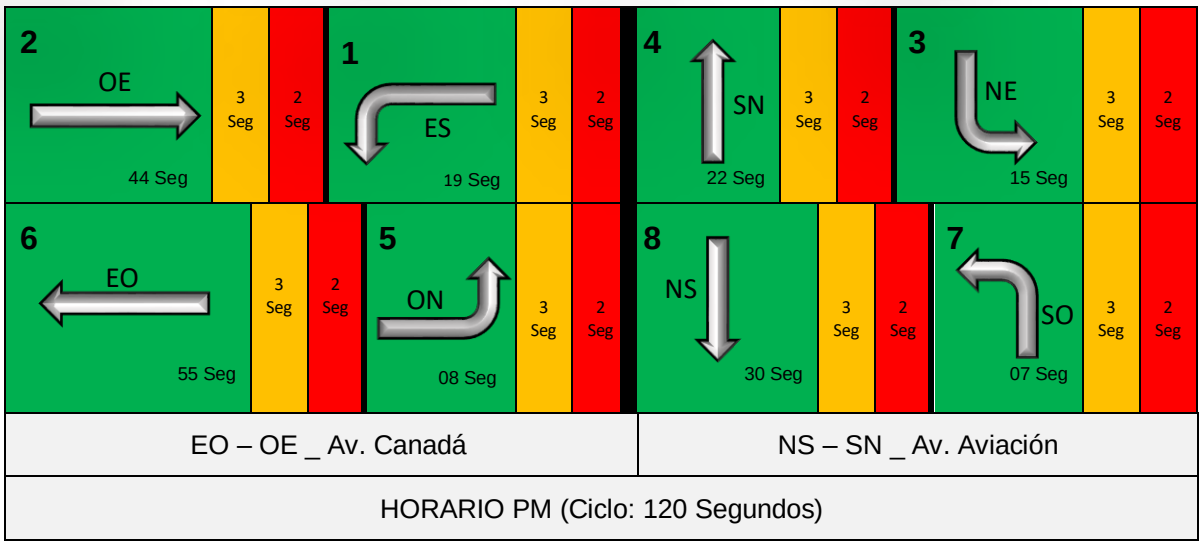




*Figura 76.* Diagrama Nema de fases semafóricas de la intersección Av. Canadá & Av. Aviación – Propuesta 2

*Fuente: Elaboración propia, 2019*

### B. Intersección Av. Canadá & Av. De la Arqueología

Esta intersección cuenta con un geómetra tipo “T”, tiene un a un carril para realizar giros a la izquierda o giros en U provenientes del Este en Av. Canadá, el semáforo anterior que incluía flecha verde fue reemplazada por un semáforo simple de tres luces, esta situación genera desorden ya que los vehículos realizan el giro a la izquierda cuando se genera un “todo rojo” prolongado.

- Se recomienda implementar las fases de la semaforización de acuerdo al Diagrama Nema Propuesto en la Figura 77. Nótese que todos los carriles deben ser claramente canalizados para que la semaforización propuesta opera en condiciones óptimas.

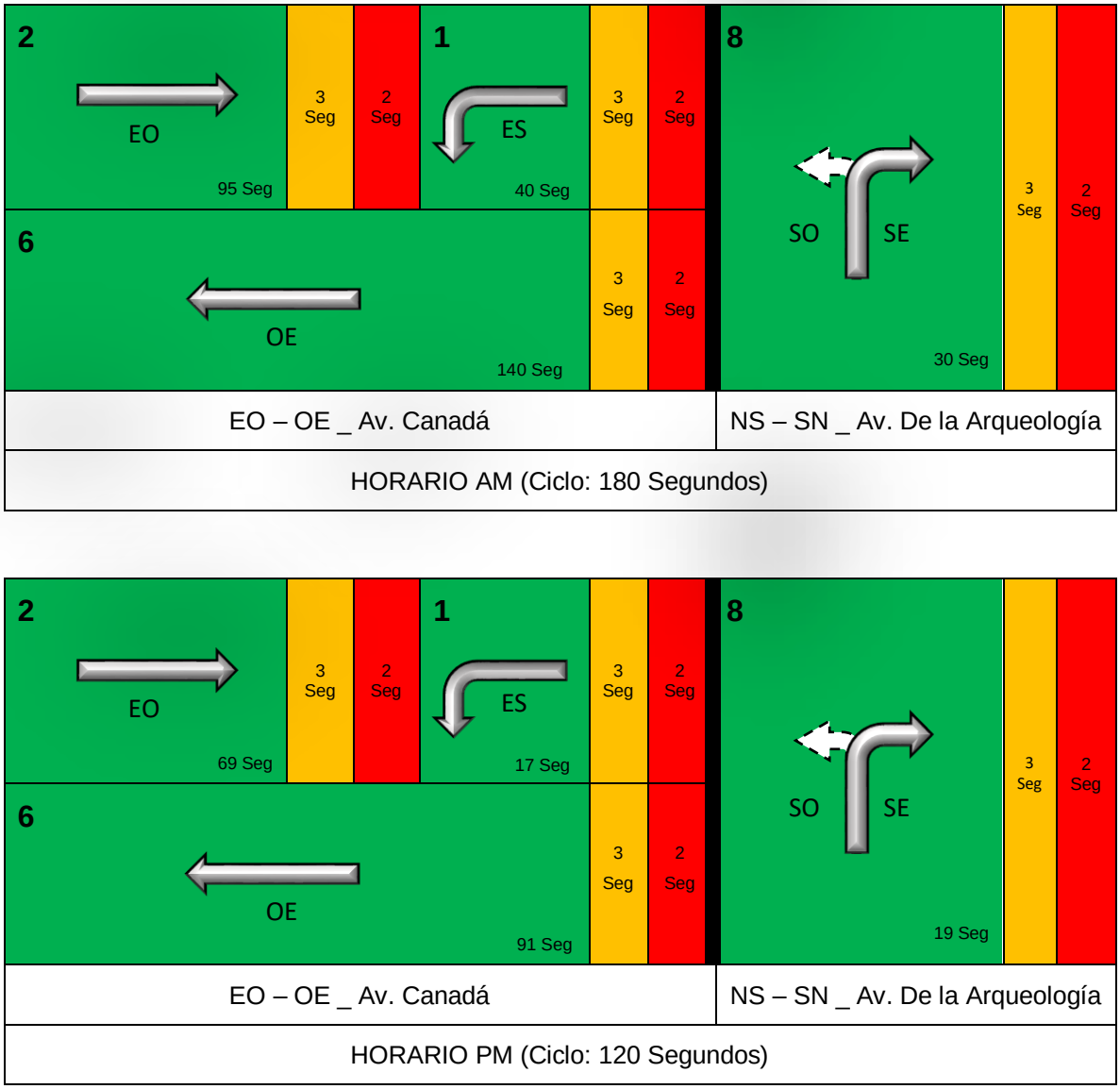



*Figura 77.* Diagrama Nema de fases semafóricas de la intersección Av. Canadá & Av. De la Arqueología – Propuesta 2

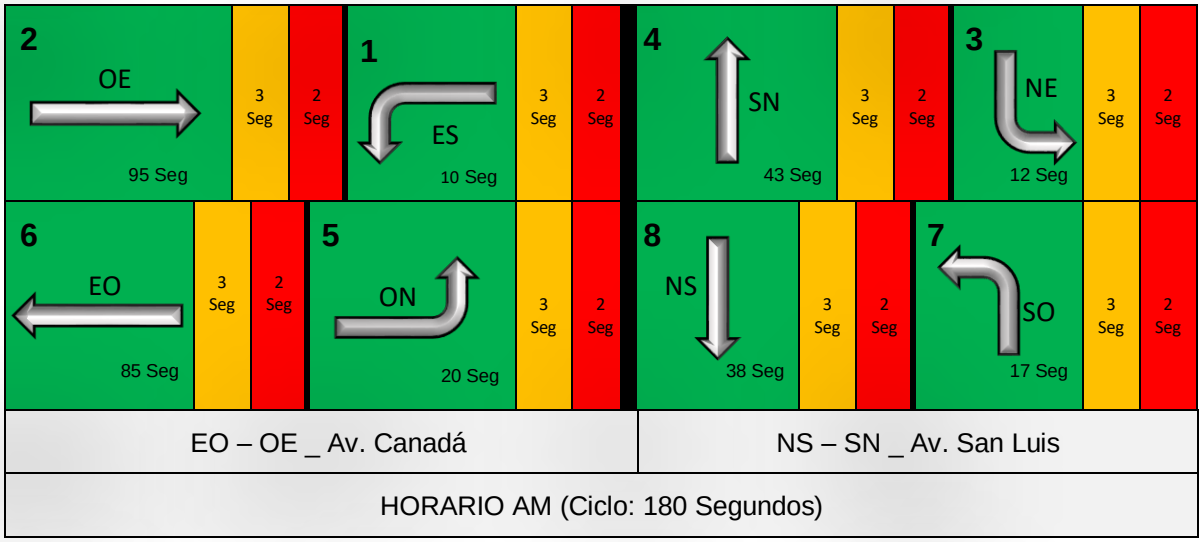
*Fuente: Elaboración propia, 2019*

### C. Intersección Av. Canadá & Av. San Luis

Actualmente esta intersección presenta una semaforización con giro protegido/permitido en la Av. Canadá y Av. San Luis en ambos sentidos; sin embargo, la operación de la intersección es deficiente debido a que la semaforización no tiene consistencia con la geometría y los tiempos semafóricos no abastecen la demanda generando desorden.

- Se recomienda modificar las fases de la semaforización de acuerdo al Diagrama Nema Propuesto en la Figura 78, donde se agrega una fase

protegida/permitida para la Av. Canadá en ambos sentidos. Esta modificación requerirá implementar un carril exclusivo de giro a la izquierda proveniente del este y oeste. Nótese que todos los carriles deberán ser claramente canalizados.



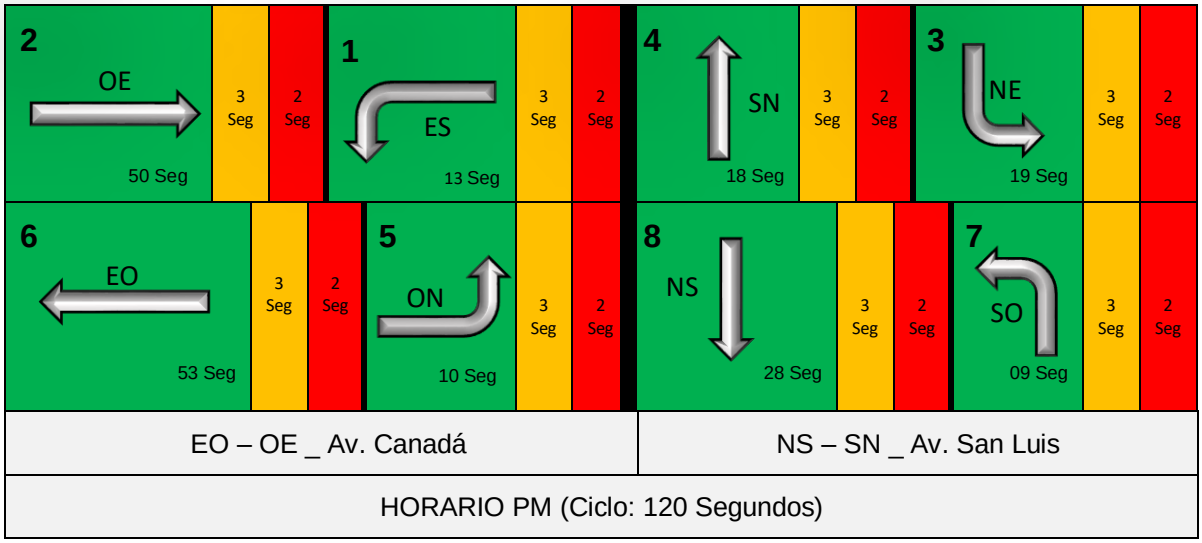




*Figura 78.* Diagrama Nema de fases semafóricas de la intersección Av. Canadá & Av. San Luis– Propuesta 2

*Fuente: Elaboración propia, 2019*

### 5.2.2 Geometría.

#### A. Intersección Av. Canadá & Av. Aviación

Esta intersección en la actualidad no es compatible con la operación semafórica; para que esta intersección opere en mejores condiciones, deben implementarse las siguientes mejoras:

- Implementar un carril de giro exclusivo a la izquierda de 110 metros en la Av. Canadá proveniente del Este y de 70 metros en el ingreso del Oeste, mediante la visita a campo se ha verificado que la Av. Canadá cuenta con un separador central de 8 metros aproximadamente, esto indica que la implementación del carril no tendría inconvenientes con el espacio disponible. Sin embargo, la construcción de estos carriles conlleva a reubicar algunos postes ubicados en la berma central.
- En el ingreso proveniente del Norte de la Av. Aviación, se recomienda incrementar el número de carril de giro exclusivo a la izquierda de uno a dos, debido a la alta demanda que presenta este giro, además incrementar la longitud de almacenamiento del carril de 45 metros aproximadamente a 100 metros, estos carriles serán generados de manera progresiva con la finalidad de evitar el desbalance de carriles.
- Modificar el carril de giro exclusivo a la izquierda en ingreso por el Sur de la Av. Aviación, la modificación consistirá en incrementar la longitud del carril de 54 metros a 100 metros (longitud efectiva de almacenamiento), de esta manera se podrá abastecer la demanda de este giro.
- Modificar la isleta central, esta debe estar diseñada para permitir los giros a la izquierda de manera tangencial. En la actualidad los giros izquierda de sur a Oeste y Norte a este son tangenciales; pero los giros de Oeste a Norte y Este a Sur no son giros tangenciales y operan con giros “amarrados”.

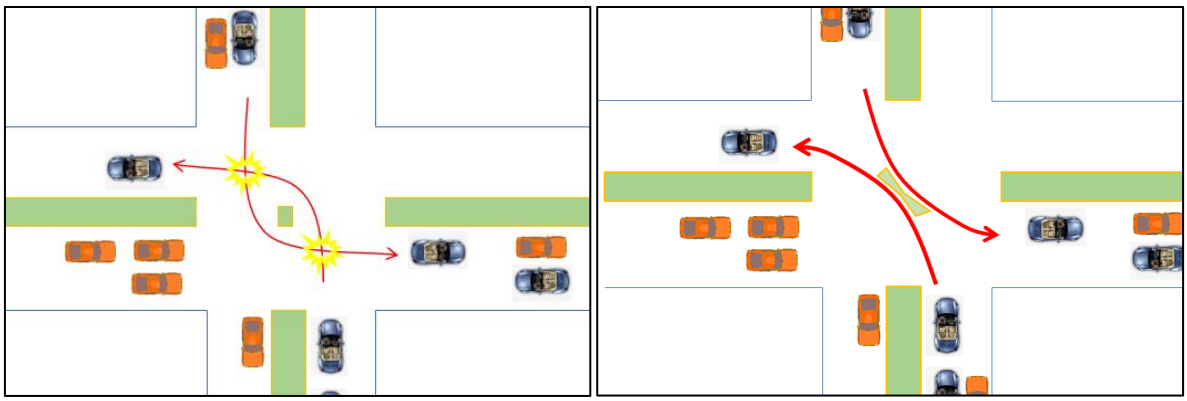


*Figura 79.* Giro izquierdo “amarrado” y “tangencial”

*Fuente: Elaboración propia, 2019*

- Implementar rampas peatonales en todas las esquinas con cruce peatonal. Asegurarse que el diseño de las rampas sea correcto y estas estén alineadas con el crucero peatonal. La Figura 80 muestra una rampa con diseño deficiente que presenta geometría lateral empinada, en un ángulo peligroso

y que no cumple función alguna representando un riesgo para el peatón, se recomienda implementar un diseño mejorado que consiste de rampas con pendientes laterales IGUALES a la pendiente principal de la rampa. La Figura 81**Error! Reference source not found.** ilustra esta recomendación. Mayor información se puede encontrar en el *Índice 304 del Florida Design Standards*, documento que detalla el diseño adecuado de rampas para peatones.

*Figura 80.* Diseño deficiente de rampas peatonales existentes

*Fuente: Elaboración propia, 2019*

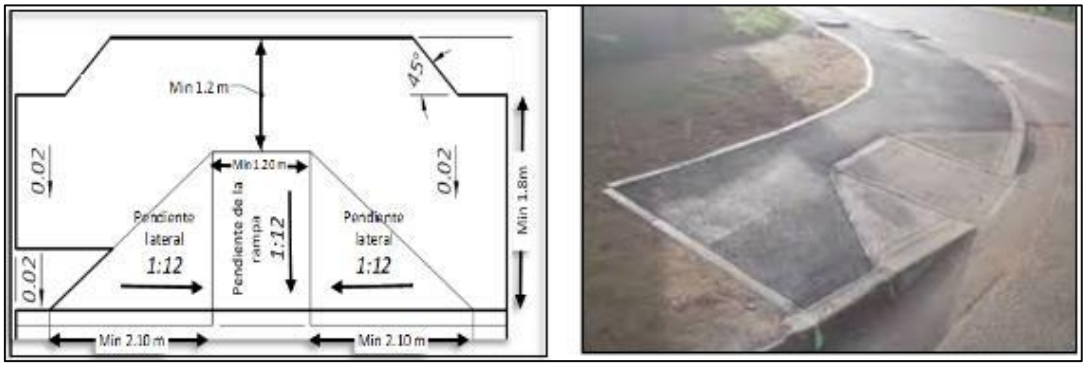



*Figura 81.* Diseño propuesto de rampas peatonales

*Fuente: Florida Design Standards*

### B. Intersección Av. Canadá & Av. San Luis

Para que esta intersección opere en mejores condiciones, deben implementarse las siguientes mejoras:

- Implementar un carril de giro exclusivo a la izquierda de 100 metros en la Av. Canadá proveniente del Este, mediante la visita a campo se ha verificado que la Av. Canadá cuenta con un separador central de 8 metros aproximadamente, esto indica que la implementación de este carril no tendría inconvenientes con el espacio disponible. Sin embargo, existe un poste que

entra en conflicto, este deberá ser reubicado o en su defecto ser protegido para evitar el daño por impacto ya que el carril propuesto estará pegado al poste.

- Modificar los carriles de giro a la izquierda existente, la modificación consistente en incrementar su longitud de tal manera que abastezcan la demanda de estos giros. En el ingreso por el Norte, incrementar la longitud del carril de 30 metros a 60 metros. Ingreso por el Sur, incrementar la longitud del carril de 38 metros a 65 metros.
- Modificar la isleta central, esta debe estar diseñada para permitir los giros a la izquierda de manera tangencial. En la actualidad los giros izquierda de Sur a Oeste y Norte a Este son tangenciales; pero los giros de oeste a Norte y este a sur no son giros tangenciales y operan con giros "amarrados (Ver Figura 79).
- Modificar el giro libre a la derecha proveniente del Oeste que actualmente cuenta de 3 carriles, se recomienda reducir a un carril para un tráfico más fluido y con menor desorden. Cabe notar que esta reducción no afectará la capacidad de este giro.
- Implementar rampas peatonales en todas las esquinas con cruce peatonal. Asegurarse que el diseño de las rampas sea correcto y estas estén alineados con el crucero peatonal.

**C. Intersección Av. Canadá & Av. De la Arqueología**

Esta intersección presenta una geometría tipo "T", existe un carril exclusivo de giro izquierda en la Av. Canadá sentido este-oeste en la Av. De la Arqueología sentido Sur-Norte, el primero cuenta con una longitud de 30 metros y muchas veces este carril es utilizado como estacionamiento por algunos conductores. Para que esta intersección opere en condiciones óptimas, deben implementarse las siguientes mejoras:

- Modificar el carril de giro exclusivo a la izquierda existente en la Av. Canadá, esta modificación consiste en incrementar la longitud de carril de 30 metros a 50 metros para aumentar su capacidad.
- Implementar rampas peatonales en todas las esquinas con cruce peatonal. Asegurarse que el diseño de las rampas sea correcto y estas estén alineadas con el crucero peatonal.

### 5.2.3 Señalización.

Se recomienda lo siguiente:

- Considerar la segregación del carril derecho de uso exclusivo de buses para los paraderos en los 4 ingresos, esta segregación se puede realizar con delineadores verticales flexibles o tachas anchas, con el objetivo de permitir una operación fluida por parte de los vehículos, además, los paraderos serán reubicados aguas arriba de la intersección con la finalidad de darle mayor fluidez a la intersección y no bloquear los giros a la derecha.
- Colocar marcas canalizadoras en el pavimento para los giros a la izquierda en los cuatro ingresos.
- Repintar los cruceros peatonales ya que en la actualidad se encuentran parcial o totalmente desgastados; estos deberán estar correctamente alineados con las rampas peatonales.
- Colocar señales “anticipadas” indicando el uso de cada carril. Debe quedar claro para el conductor, mediante señalización redundante (vertical y horizontal) cual es el uso de cada carril y cuáles son los movimientos permitidos. A continuación, se muestra la señal R-5-1 de “Giro exclusivo a la izquierda”.

*Figura 82.* Señal Vertical R-5-1 “Señal de carril exclusivo de giro a la izquierda”

*Fuente: Manual de dispositivos de control de transito automotor para calles y carreteras, 2016*

- Reubicar y actualizar las señales verticales I-6 “Paradero de buses”, estas señales deberán ir al inicio de cada paradero y no al final como se tiene en la actualidad.
- En la intersección Av. Canadá & Av. De la Arqueología, se recomienda eliminar la señal R-1 "PARE" y mantener la señal R-21 "VOLTEO A LA DERECHA" en el ingreso del Sur de la Av. De la Arqueología.

### 5.2.4 Paradero de Buses de Transporte Público.

Los paraderos en la actualidad representan uno de los elementos que más contribuye al desorden en estas intersecciones, ya que estos utilizan hasta 3 carriles para bajar y subir pasajeros; además, los buses bloquean los giros a la derecha ya que los paraderos se ubican inmediatamente antes de la intersección.

Se recomienda:

- Delimitar con pintura al menos CUATRO ESPACIOS de 9 metros cada uno para estacionamiento temporal de buses para la Av. Canadá y de al menos TRES para la Av. Aviación y Av. San Luis. Cada espacio deberá tener la palabra “BUS” pintada al centro como se muestra en la siguiente figura. No se deberá utilizar las palabras “SOLO BUS” ya que el carril donde paran los buses es compartido con tráfico regular por lo tanto no corresponde “solo” a buses. Realizar mantenimiento permanente a la pintura amarilla que restringe el estacionamiento a lo largo de la vía. Regirse a la normativa vigente del *Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras 2016* para determinar el tamaño de las marcas, letras y la tipografía.

*Figura 83.* Demarcación para paraderos de buses

*Fuente: MUTCD*

- Tal y como se mencionó en la sección anterior (señalización) se recomienda mover la señal I-6 “Paradero” a la ubicación correcta que deberá ser al inicio de cada paradero respectivamente para cada ingreso.
- Considerar el uso de tachas o delineadores verticales para canalizar el flujo en proximidades de los paraderos. Esto forzará una operación ordenada del transporte público y privado.
- Para la intersección Av. Canadá & Av. Aviación, se recomienda reubicar los paraderos de la siguiente manera:
    - Av. Canadá ingreso por el Oeste: reubicar el paradero a 25 metros aguas arriba de la intersección, no es posible a mayor distancia ya

que bloquearía la salida de un condominio ubicada a 60 metros de la intersección.

- Av. Canadá ingreso por el Este: reubicar el paradero a 40 metros aguas arriba de la intersección.
- Av. Aviación ingreso por el Sur: reubicar el paradero a 40 metros aguas arriba de la intersección, actualmente este espacio es utilizado como estacionamiento vehicular, se deberá generar una bahía para el paradero de buses aprovechando el espacio que existe para los estacionamientos.
- Av. Aviación ingreso por el Norte: reubicar el paradero a 50 metros aguas arriba de la intersección, inmediatamente antes de la Ca. Marcelino Gonzales para no bloquear esta salida. Actualmente en este espacio se estacionan algunos vehículos, se deberá eliminar los estacionamientos en la zona del paradero propuesto.

- Para la intersección Av. Canadá & Av. San Luis, se recomienda reubicar los paraderos de la siguiente manera:
  - Av. Canadá ingreso por el Oeste: Reubicar el paradero a 15 metros aguas arriba del carril de giro libre a la derecha y a 40 metros de la intersección.
  - Av. Canadá ingreso por el Este: Ampliar el espacio de paradero, mantener la ubicación, debido a que no es posible su reubicación, a 40 metros de la intersección existe una salida de la Ca. S/N con el cual entra en conflicto bloqueando la salida.
  - Av. San Luis ingreso por el Sur: Generar un paradero formal inmediatamente antes de la Ca. Horacio Ballón a 45 metros aguas arriba de la intersección.
  - Av. San Luis ingreso por el Norte: Reubicar el paradero a 40 metros aguas arriba de la intersección, actualmente este espacio es utilizado como estacionamiento vehicular, se deberá generar una bahía para el paradero de buses aprovechando el espacio que existe para los estacionamientos.
- Para la intersección Av. Canadá & Av. De la Arqueología, se recomienda reubicar el paradero a 40 metros aguas arriba de la intersección.

### 5.2.5 Resultados de la Modelación de la Propuesta 2.

Los resultados operacionales para la Propuesta de mejora 2 se muetran en la Tabla 22 (para el escenario AM) y la Tabla 23 (para el escenario PM).

| Intersección | | Movimiento | Long. Prom. Cola | Long. Max. Cola | Nro. Paradas | Demora (seg) | NDS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Av. Canadá/Av. Aviación | W-E | 32.8 | 167.6 | 0.6 | 21.9 | C |
| | | W-S | 32.8 | 167.6 | 1.6 | 38.3 | D |
| | | E-W | 26.2 | 192.2 | 0.3 | 10.2 | A |
| | | E-N | 26.2 | 192.2 | 1.5 | 21.2 | C |
| | | S-E | 281.3 | 351.2 | 2.8 | 163.2 | F |
| | | S-W | 96.3 | 351.1 | 1.3 | 65.1 | E |
| | | S-S | 97.2 | 351.2 | 1.1 | 60.3 | E |
| | | S-N | 97.9 | 351.2 | 2.5 | 79.5 | E |
| | | N-W | 52.3 | 173.6 | 1.9 | 58.1 | E |
| | | N-S | 52.3 | 173.6 | 1.0 | 76.1 | E |
| | | W-W | 35.2 | 80.1 | 0.6 | 26.1 | C |
| | | W-N | 21.2 | 80.1 | 1.4 | 69.5 | E |
| | | E-E | 27.6 | 188.1 | 0.2 | 1.6 | A |
| | | E-S | 27.6 | 188.1 | 1.6 | 24.2 | C |
| | | N-E | 68.0 | 172.5 | 2.5 | 40.0 | D |
| | | N-N | 65.1 | 169.6 | 2.2 | 38.2 | D |
| | | Total | 94.7 | 302.5 | 1.0 | 32.6 | D |
| 3 | Av. Canadá/Av. San Luis | SW-N | 30.2 | 252.1 | 5.2 | 132.0 | F |
| | | N-SW | 170.4 | 452.9 | 1.8 | 80.2 | E |
| | | N-S | 170.4 | 377.5 | 1.0 | 75.3 | E |
| | | N-NE | 167.0 | 370.7 | 1.9 | 47.5 | D |
| | | N-N | 167.0 | 370.7 | 1.1 | 30.3 | D |
| | | S-NE | 166.2 | 348.2 | 2.2 | 115.2 | F |
| | | S-N | 166.2 | 348.2 | 1.0 | 70.5 | E |
| | | S-SW | 18.3 | 59.2 | 1.0 | 74.2 | E |
| | | S-S | 18.3 | 59.2 | | | |
| | | W-S | 77.7 | 247.7 | 1.5 | 14.3 | B |
| | | SW-NE | 98.0 | 250.7 | 0.9 | 20.0 | B |
| | | NE-SW | 98.4 | 383.8 | 0.9 | 32.9 | D |
| | | NE-N | 98.4 | 383.8 | 1.4 | 45.2 | D |
| | | NE-S | 2.6 | 28.5 | 1.5 | 45.1 | D |
| | | Total | 131.4 | 453.3 | 1.3 | 50.7 | D |
| 2 | Av. Canadá/Av. Arqueología | E-W | 25.1 | 156.5 | 0.4 | 9.7 | A |
| | | E-S | 24.3 | 156.3 | 1.8 | 56.2 | E |
| | | S-E | 20.5 | 111.5 | 1.2 | 63.3 | E |
| | | S-W | 45.2 | 121.7 | 1.6 | 79.2 | E |
| | | S-S | 19.3 | 121.7 | 1.9 | 77.2 | E |
| | | W-E | 9.1 | 161.6 | 0.7 | 19.2 | B |
| | | W-W | 8.2 | 161.6 | 2.3 | 9.2 | A |
| | | W-S | 9.1 | 161.6 | 1.0 | 10.5 | B |
| | | E-E | 23.1 | 155.0 | 0.9 | 22.7 | C |
| | | Total | 32.3 | 181.3 | 0.8 | 22.6 | C |

*N:Norte, S:Sur, E:Este, W:Oeste*

Tabla 22. Resultados Operacionales – Propuesta 2 (Horario AM)

| Interseccion | | Movimiento | Long. Prom. Cola | Long. Max. Cola | Nro. Paradas | Demora (seg) | NDS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Av. Canadá/Av. Aviación | W-E | 59.4 | 204.5 | 0.8 | 35.4 | C |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | W-S | 59.4 | 204.5 | 2.5 | 65.1 | E |
| | | E-W | 82.5 | 358.0 | 1.3 | 45.2 | D |
| | | E-N | 82.5 | 358.0 | 2.4 | 58.0 | E |
| | | S-E | 201.5 | 339.6 | 2.8 | 138.5 | F |
| | | S-W | 201.4 | 339.5 | 1.2 | 79.5 | D |
| | | S-S | 201.5 | 339.6 | 1.5 | 75.6 | E |
| | | S-N | 105.2 | 339.6 | 2.6 | 75.2 | E |
| | | N-E | 97.5 | 290.8 | 1.4 | 53.3 | E |
| | | N-W | 102.5 | 290.8 | 4.3 | 143.3 | F |
| | | N-S | 102.5 | 250.6 | 2.8 | 77.2 | E |
| | | N-N | 102.5 | 290.8 | 1.3 | 51.2 | E |
| | | W-W | 7.8 | 43.5 | | | |
| | | W-N | 7.8 | 43.5 | 1.3 | 40.1 | D |
| | | E-E | 82.5 | 358.0 | 1.8 | 80.2 | E |
| | | E-S | 82.5 | 358.0 | 1.6 | 71.9 | E |
| | | Total | 175.42 | 399.35 | 1.67 | 80.55 | E |
| 3 | Av. Canadá/Av. San Luis | SW-N | 0.3 | 16.7 | 1.2 | 20.3 | B |
| | | N-SW | 172.6 | 336.4 | 2.7 | 136.1 | F |
| | | N-S | 122.1 | 280.4 | 2.3 | 79.5 | E |
| | | N-NE | 102.4 | 297.2 | 1.9 | 70.2 | E |
| | | N-N | 103.6 | 297.2 | | | |
| | | S-NE | 43.0 | 126.0 | 1.8 | 113.4 | F |
| | | S-N | 43.0 | 126.0 | 1.3 | 74.2 | E |
| | | S-SW | 7.8 | 41.7 | 1.6 | 43.3 | D |
| | | S-S | 7.8 | 41.7 | | | |
| | | W-S | 14.0 | 133.7 | 1.1 | 17.9 | B |
| | | SW-NE | 38.5 | 154.7 | 0.6 | 24.7 | C |
| | | NE-SW | 32.2 | 178.1 | 1.0 | 20.6 | B |
| | | NE-N | 32.2 | 178.1 | 1.6 | 32.2 | D |
| | | NE-S | 2.1 | 24.6 | 1.1 | 32.3 | C |
| | | Total | 48.23 | 340.27 | 1.23 | 46.23 | D |
| 2 | Av. Canadá/Av. Arqueología | E-W | 6.5 | 55.2 | 0.3 | 5.1 | A |
| | | E-S | 2.2 | 50.3 | 1.0 | 16.3 | C |
| | | S-E | 2.8 | 26.5 | 1.0 | 41.8 | D |
| | | S-W | 14.8 | 61.3 | 1.6 | 74.3 | E |
| | | S-S | 14.8 | 61.3 | 2.0 | 79.2 | E |
| | | W-E | 23.8 | 109.7 | 0.4 | 12.6 | B |
| | | W-W | 23.8 | 109.7 | 2.0 | 69.5 | C |
| | | W-S | 23.8 | 109.7 | 1.0 | 17.0 | B |
| | | E-E | 2.2 | 65.4 | 0.0 | 2.2 | A |
| | | Total | 9.9 | 106.53 | 0.42 | 12.52 | B |

*N:Norte, S:Sur, E:Este, W:Oeste*

Tabla 23. Resultados Operacionales – Propuesta 2 (Horario PM)

En la Tabla 24 se presenta el tiempo de viaje y la velocidad de viaje obtenidos del reporte de la Propuesta 2, para ambos sentidos de la Av. Canadá, para ello se toma una distancia de 1020 metros en el sentido Este – Oeste y Oeste – Este.

| Vía Urbana | Tiempo de viaje (min) | | Velocidad de viaje (km/h) | |
|---|---|---|---|---|
| | AM | PM | AM | PM |
| 1: Av. Canadá O-E | 3.4 | 3.6 | 18.1 | 17.1 |
| 2: Av. Canadá E-O | 3.7 | 4.1 | 16.4 | 15.0 |

Tabla 24. Velocidad Promedio de Viaje – Propuesta 2

### 5.3 Propuesta 3: Mejora con implementación de Semaforización Inteligente

Como tercera alternativa se propone la implementación de semaforización inteligente o accionado, para ello se ha utilizado una herramienta del Software de micro simulación Vissim 10, con la finalidad de modelar el funcionamiento de un semáforo inteligente.

En un sistema de semaforización accionado por el tránsito, todas las fases del semáforo se regulan por las actuaciones en los detectores. Generalmente se suelen especificar duraciones máximas y mínimas de los intervalos de verde para cada fase, así como el orden de fases (Useda & Silva, Mercado, 2003).

Para representar el uso de semáforos inteligentes en las intersecciones, se utiliza la herramienta RBC (Ring Barrier Controler) del Software Vissim, donde se colocan detectores a una cierta distancia de la intersección, estos contabilizan la cantidad de vehículos por sentido e interactúan con la designación de fases del semáforo.

En la Figura 84 se muestra la configuración de Vissim en la herramienta “signal controller” para representar una semaforización inteligente, nótese que no existe un ciclo semafórico ya que las fases semafóricas son totalmente dinámicas. Como se mencionó con anterioridad se coloca un mínimo y máximo para el tiempo en verde y un determinado tiempo para el tiempo en ámbar por ingreso.

En el ejemplo de la Figura 84 se ilustra la configuración para la intersección Av. Canadá & Av. San Luis, el mismo procedimiento de realiza para las intersecciones de la Av. Canadá con las Av. Aviación y De la Arqueología.

Notar que la presente propuesta de mejora no considera las modificaciones geométricas de la Propuesta 2. El objetivo es remplazar la semaforización convencional existente por semaforización accionada sin modificaciones geométricas, con la finalidad de reducir costos de mitigación del problema de congestión existente en este tramo de la Av. Canadá.

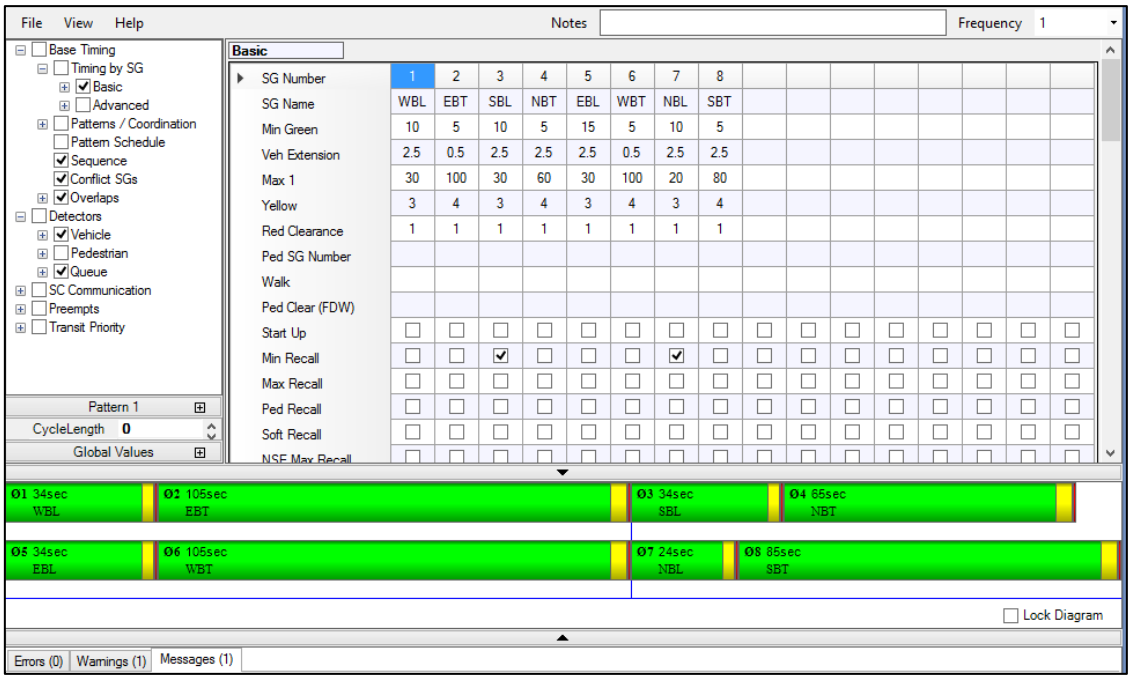



*Figura 84.* Configuración de semaforización inteligente – signal controler en Vissim

En la Figura 85 se muestra la colocación de detectores para la intersección Av. Canadá & Av. San Luis. Esta es una herramienta de Vissim que permite una interacción con los semáforos, los semáforos cambiaran a verde dependiendo de la prioridad que es proporcionada por los detectores.

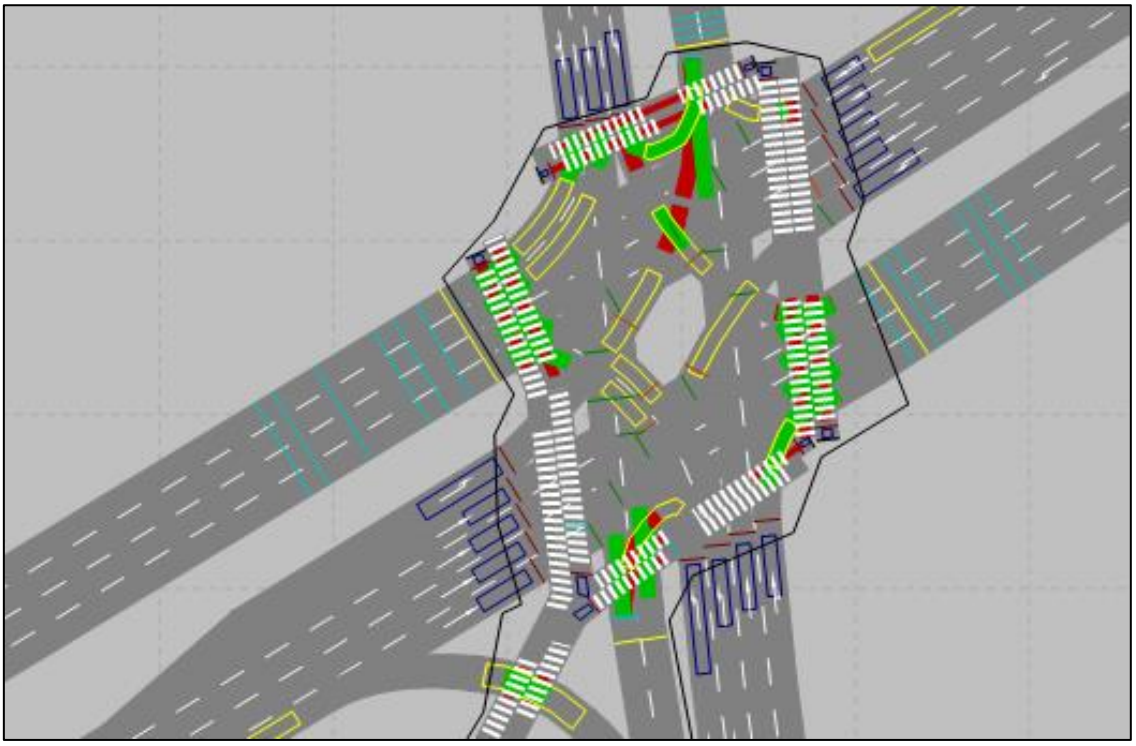


*Figura 85.* Ubicación de detectores en Vissim – intersección Av. Canadá & Av. San Luis

Continuando con el ejemplo de la intersección Av. Canadá & Av. San Luis, en la Figura 86 se muestra la micro simulación considerando una semaforización accionada. Para determinar si hubo mejoras o no en los parámetros de eficiencia para las tres intersecciones, es necesario ver el reporte obtenido del programa, con ello se podrá realizar una comparación con la situación existente y las propuestas de mejoras 1 y 2. Además, demostrar la hipótesis de que si, con la semaforización inteligente se obtiene intersecciones con un tráfico más fluido.

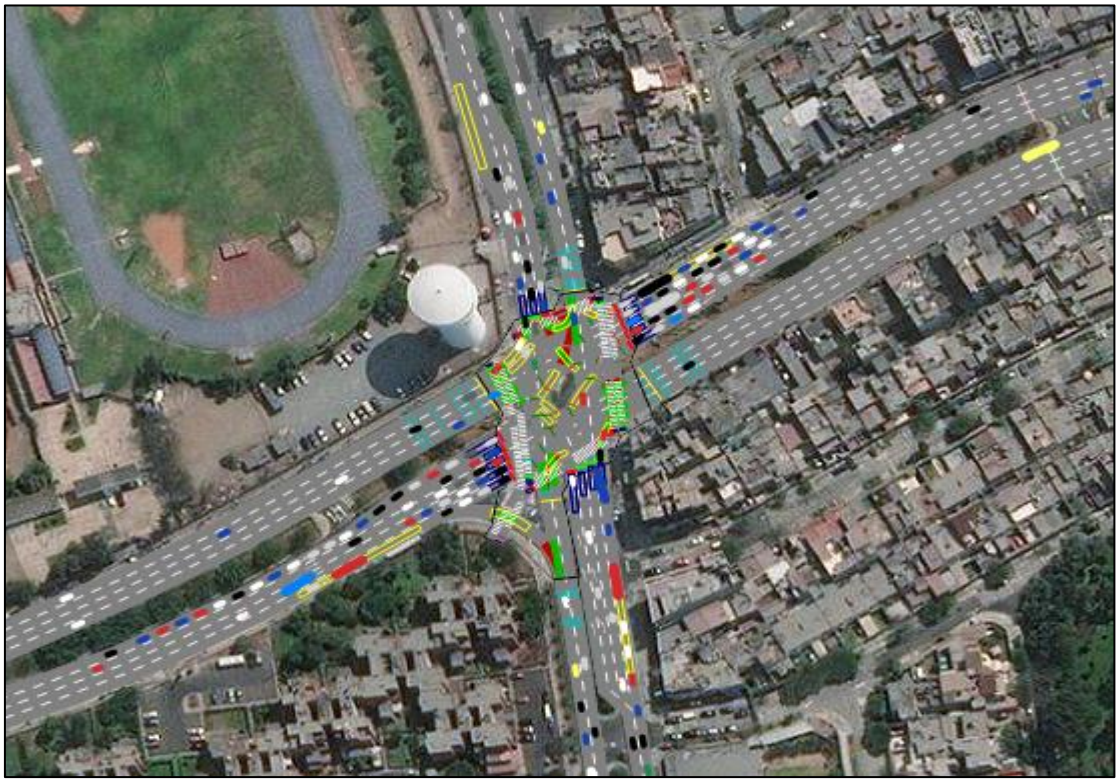


*Figura 86.* Esquema del semáforo inteligente utilizando red de sensores inalámbricos

En la Tabla 25 y Tabla 26 se muestran los reportes de los resultados obtenidos de la micro simulación mediante el software obteniendo los siguientes parámetros de efectividad, correspondiente a la propuesta de mitigación 3 que representa a la implementación de semáforos inteligentes, el primero para el horario AM y el segundo para el horario PM.

Adicionalmente, estas modificaciones deberán ir acompañadas de mantenimiento de las señales verticales y horizontales (marcas en el pavimento).

### 5.3.1 Resultados de la Modelación de la Propuesta 3.

Los resultados operacionales para la Propuesta de mejora 3 se muetran en la Tabla 25 (para el escenario AM) y la Tabla 26 (para el escenario PM).

| Intersección | | Movimiento | Long. Prom. Cola | Long. Max. Cola | Nro. Paradas | Demora (seg) | NDS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Av. Canadá/Av. Aviación | W-E | 236.0 | 355.1 | 1.1 | 57.3 | D |
| | | W-W | 236.0 | 355.1 | 1.8 | 101.0 | F |
| | | W-S | 236.0 | 355.1 | 1.8 | 63.4 | E |
| | | W-N | 236.0 | 355.1 | 3.3 | 170.1 | F |
| | | E-E | 44.8 | 170.3 | 1.0 | 130.0 | F |
| | | E-W | 44.8 | 170.3 | 0.9 | 43.9 | D |
| | | E-S | 44.8 | 170.3 | 2.6 | 97.4 | F |
| | | E-N | 44.8 | 170.3 | 2.3 | 57.7 | E |
| | | S-E | 314.1 | 349.0 | 2.4 | 134.1 | F |
| | | S-W | 349.2 | 384.1 | 4.1 | 206.4 | F |
| | | S-S | 215.3 | 323.4 | 3.2 | 273.1 | F |
| | | S-N | 314.1 | 349.0 | 2.0 | 140.8 | F |
| | | N-E | 219.4 | 288.4 | 3.0 | 169.2 | F |
| | | N-W | 219.4 | 288.4 | 2.6 | 169.5 | F |
| | | N-S | 219.4 | 288.4 | 1.8 | 148.6 | F |
| | | N-N | 219.4 | 288.4 | 3.8 | 273.6 | F |
| | | Total | 229.8 | 397.3 | 1.9 | 118.2 | F |
| 3 | Av. Canadá/Av. San Luis | SW-N | 118.4 | 240.9 | 2.7 | 293.0 | F |
| | | N-SW | 409.8 | 449.8 | 2.2 | 145.5 | F |
| | | N-S | 409.8 | 449.8 | 2.0 | 144.8 | F |
| | | N-NE | 322.2 | 361.6 | 4.0 | 392.4 | F |
| | | N-N | 322.2 | 361.6 | 0.0 | 0.0 | F |
| | | S-NE | 410.2 | 424.3 | 1.7 | 147.6 | F |
| | | S-N | 410.2 | 424.3 | 1.6 | 143.9 | F |
| | | S-SW | 410.2 | 424.3 | 3.6 | 213.2 | F |
| | | S-SW | 382.7 | 396.8 | 4.4 | 448.7 | F |
| | | S-S | 382.7 | 396.8 | 0.0 | 0.0 | F |
| | | W-S | 22.1 | 157.5 | 1.1 | 23.3 | C |
| | | SW-NE | 81.0 | 208.4 | 0.4 | 24.7 | C |
| | | SW-N | 81.0 | 208.4 | 2.3 | 100.7 | F |
| | | NE-SW | 323.2 | 396.5 | 1.6 | 77.2 | E |
| | | NE-N | 323.2 | 396.5 | 1.3 | 68.2 | E |
| | | NE-S | 323.2 | 396.5 | 2.2 | 89.9 | E |
| | | Total | 258.7 | 470.1 | 1.4 | 93.4 | E |
| 2 | Av. Canadá/Av. Arqueología | E-W | 312.8 | 407.3 | 0.8 | 25.9 | C |
| | | E-E | 237.3 | 335.7 | 3.5 | 367.9 | F |
| | | E-S | 237.3 | 335.7 | 4.4 | 354.3 | F |
| | | S-E | 56.5 | 108.9 | 1.2 | 66.9 | E |
| | | S-W | 7.0 | 47.1 | 2.0 | 203.5 | F |
| | | S-S | 170.0 | 217.3 | 1.4 | 172.5 | F |
| | | W-E | 207.9 | 337.2 | 1.2 | 37.5 | C |
| | | W-W | 207.9 | 337.2 | 1.3 | 31.2 | C |
| | | W-S | 207.9 | 337.2 | 2.3 | 45.4 | D |
| | | Total | 165.2 | 475.8 | 1.2 | 44.3 | D |

*N:Norte, S:Sur, E:Este, W:Oeste*

Tabla 25. Resultados Operacionales – Propuesta 3 (Horario AM)

| Interseccion | | Movimiento | Long. Prom. Cola | Long. Max. Cola | Nro. Paradas | Demora (seg) | NDS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Av. Canadá/Av. Aviación | W-E | 278.6 | 373.3 | 1.0 | 56.4 | D |
| | | W-W | 278.6 | 373.3 | 0.6 | 47.3 | D |
| | | W-S | 278.6 | 373.3 | 1.7 | 58.4 | E |
| | | W-N | 278.6 | 373.3 | 2.9 | 116.2 | F |
| | | E-E | 16.7 | 94.5 | 4.0 | 97.9 | F |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | E-W | 16.7 | 94.5 | 0.8 | 40.9 | D |
| | | E-S | 16.7 | 94.5 | 2.8 | 109.0 | F |
| | | E-N | 16.7 | 94.5 | 2.3 | 51.4 | D |
| | | S-E | 322.7 | 348.9 | 2.6 | 124.4 | F |
| | | S-W | 357.8 | 384.0 | 4.8 | 223.7 | F |
| | | S-S | 277.7 | 373.3 | 3.5 | 277.6 | F |
| | | S-N | 322.7 | 348.9 | 2.2 | 141.3 | F |
| | | N-E | 251.1 | 289.9 | 4.6 | 232.7 | F |
| | | N-W | 251.1 | 289.9 | 2.0 | 163.3 | F |
| | | N-S | 251.1 | 289.9 | 2.1 | 188.0 | F |
| | | N-N | 251.1 | 289.9 | 7.6 | 657.6 | F |
| | | Total | 250.8 | 401.8 | 2.25 | 136.29 | F |
| 3 | Av. Canadá/Av. San Luis | SW-N | 141.1 | 208.3 | 2.5 | 272.5 | F |
| | | N-SW | 428.0 | 446.4 | 4.1 | 883.1 | F |
| | | N-S | 428.0 | 446.4 | 2.3 | 241.0 | F |
| | | N-NE | 255.1 | 271.6 | 3.5 | 425.6 | F |
| | | N-N | 255.1 | 271.6 | 0.0 | 0.0 | F |
| | | S-NE | 415.4 | 423.6 | 11.7 | 1164.2 | F |
| | | S-N | 415.4 | 423.6 | 3.2 | 454.3 | F |
| | | S-SW | 415.4 | 423.6 | 2.4 | 152.6 | F |
| | | S-SW | 414.6 | 422.8 | 3.8 | 376.4 | F |
| | | S-S | 414.6 | 422.8 | 0.0 | 0.0 | F |
| | | W-S | 65.8 | 141.8 | 0.7 | 15.5 | B |
| | | SW-NE | 67.3 | 139.8 | 0.3 | 14.5 | B |
| | | SW-N | 67.3 | 139.8 | 2.4 | 176.3 | F |
| | | NE-SW | 342.1 | 393.7 | 1.9 | 69.5 | E |
| | | NE-N | 342.1 | 393.7 | 1.5 | 55.1 | D |
| | | NE-S | 342.1 | 393.7 | 2.4 | 74.3 | E |
| | | Total | 266.2 | 469.2 | 3.19 | 354.23 | F |
| 2 | Av. Canadá/Av. Arqueología | E-W | 427.4 | 466.9 | 0.7 | 33.7 | C |
| | | E-E | 287.3 | 326.3 | 0.0 | 0.0 | F |
| | | E-S | 287.3 | 326.3 | 4.4 | 460.2 | F |
| | | S-E | 57.3 | 82.5 | 1.4 | 59.6 | D |
| | | S-W | 199.2 | 233.4 | 1.0 | 76.9 | E |
| | | S-S | 199.2 | 233.4 | 0.9 | 77.6 | E |
| | | W-E | 262.7 | 354.1 | 1.2 | 43.0 | C |
| | | W-W | 262.7 | 354.1 | 0.4 | 22.5 | B |
| | | W-S | 262.7 | 354.1 | 2.5 | 50.4 | D |
| | | Total | 246.8 | 467.1 | 1.01 | 40.69 | C |

*N:Norte, S:Sur, E:Este, W:Oeste*

Tabla 26. Resultados Operacionales – Propuesta 3 (Horario PM)

En la Tabla 27 se presenta el tiempo de viaje y la velocidad de viaje obtenidos del reporte de la Propuesta 2, para ambos sentidos de la Av. Canadá, para ello se toma una distancia de 1020 metros en el sentido Este – Oeste y Oeste – Este.

| Vía Urbana | Tiempo de viaje (min) | | Velocidad de viaje (km/h) | |
|---|---|---|---|---|
| | AM | PM | AM | PM |
| 1: Av. Canadá O-E | 4.4 | 4.4 | 13.8 | 13.8 |
| 2: Av. Canadá E-O | 5.5 | 5.9 | 11.1 | 10.4 |

Tabla 27. Velocidad Promedio de Viaje – Propuesta 3

El análisis de los resultados se realiza en el Capítulo 6 del presente informe.

## Capítulo 6: Evaluación y Análisis de Resultados

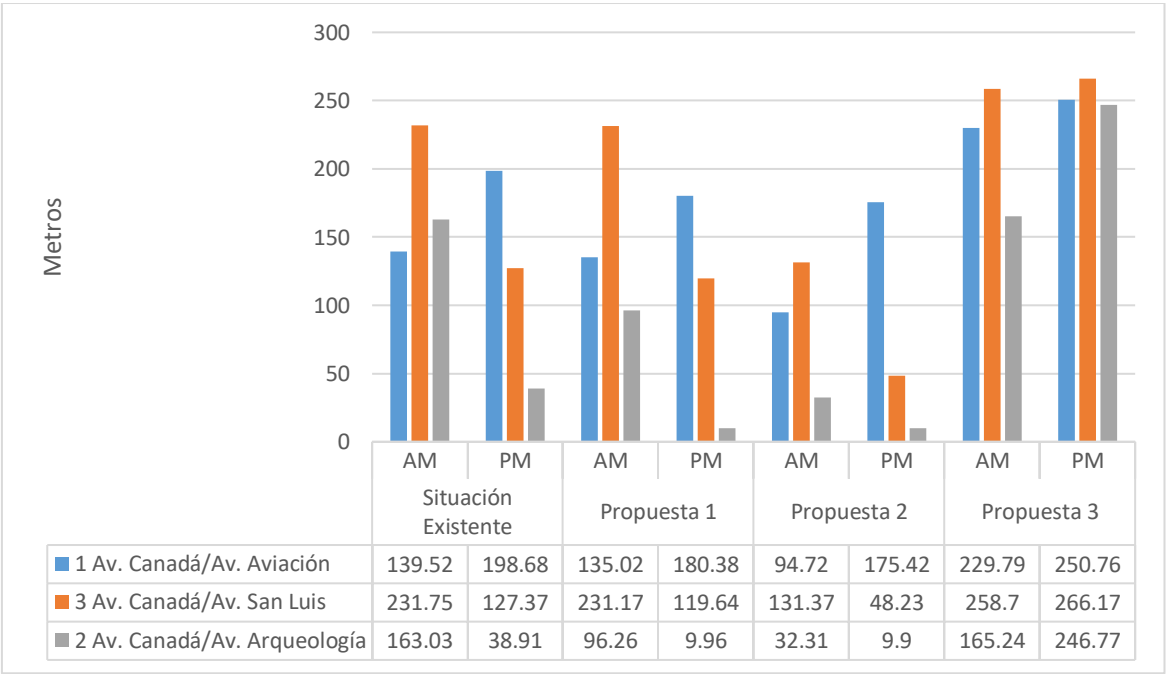
En este capítulo se analiza los parámetros de eficiencia que fueron seleccionados para la evaluación de las intersecciones para la situación existente, Propuesta de mejora 1, Propuesta de mejora 2 y Propuesta de mejora 3. Con la finalidad de identificar la propuesta de mejora que optimiza el sistema de transporte disminuyendo las colas y reflejando una mejora en los niveles de servicio de ser el caso.

Los análisis de los parámetros de eficiencia fueron obtenidos del reporte de la micro simulación con el uso de Vissim, cabe mencionar que el reporte es el resultado de la evaluación de 15 corridas para cada caso.

### 6.1 Comparación de Resultados

#### 6.1.1 Longitud Promedio de Cola (metros).

Se mide este parámetro para todos los accesos de las tres intersecciones y se tomó los valores promedio de cada ingreso (giro izquierdo, giro derecho y de frente y de ser el caso giros en “u”) A continuación de muestra la comparación de la longitud promedio de colas de la situación existente con las propuestas de mejora, esta comparación se realizó para cada intersección como se muestra en la Figura 87.




| | Situación Existente AM | Situación Existente PM | Propuesta 1 AM | Propuesta 1 PM | Propuesta 2 AM | Propuesta 2 PM | Propuesta 3 AM | Propuesta 3 PM |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 Av. Canadá/Av. Aviación | 139.52 | 198.68 | 135.02 | 180.38 | 94.72 | 175.42 | 229.79 | 250.76 |
| 3 Av. Canadá/Av. San Luis | 231.75 | 127.37 | 231.17 | 119.64 | 131.37 | 48.23 | 258.7 | 266.17 |
| 2 Av. Canadá/Av. Arqueología | 163.03 | 38.91 | 96.26 | 9.96 | 32.31 | 9.9 | 165.24 | 246.77 |

*Figura 87.* Evaluación comparativa de longitud promedio de colas

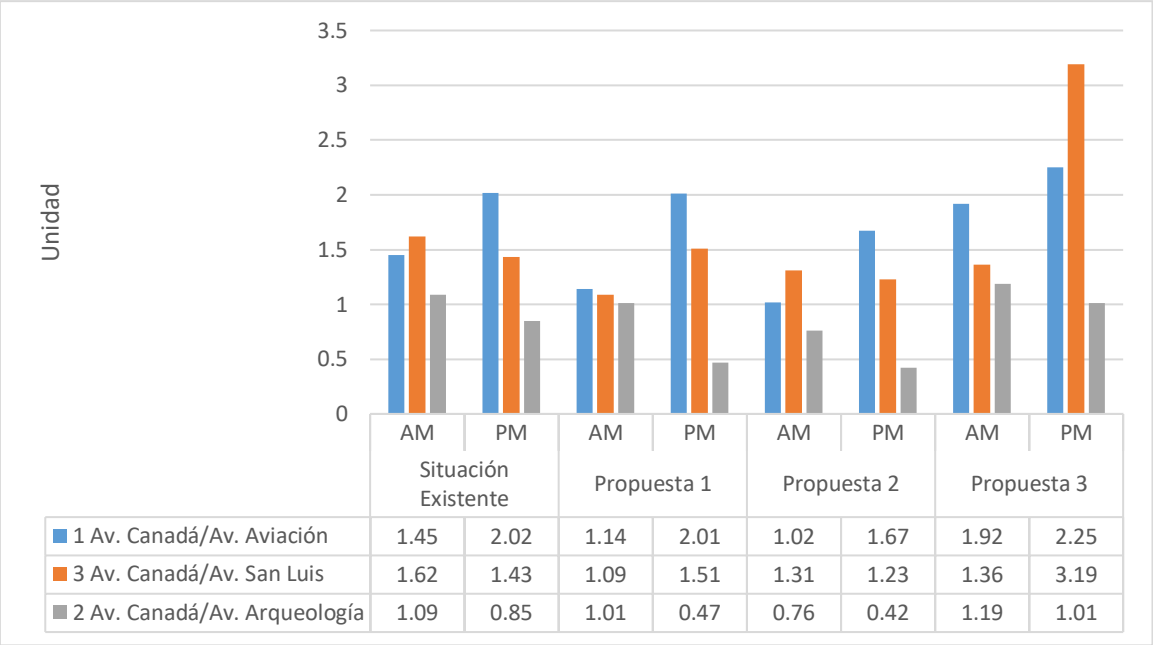
La figura anterior muestra una comparación de la longitud promedio de colas para los horarios AM y PM de las tres intersecciones, teniendo los siguientes 4 escenarios: situación existente, situación propuesta 1, situación propuesta 2 y situación propuesta 3. Se observa una clara reducción de la longitud promedio de cola de las 3 intersecciones en las Propuestas 1 y 2 con respecto a los valores de la situación existente; sin embargo, sucede lo contrario para la Propuesta 3, donde la longitud de colas se incrementa en ambos horarios AM y PM.

En el horario AM, el mayor valor de la longitud promedio de colas ocurre en la intersección Av. Canadá & Av. San Luis con un valor de 231.17, 131.37 y 258.70 metros para las propuestas 1, 2 y 3 respectivamente. Por lo tanto, la segunda propuesta genera el menor valor de la longitud promedio de cola con respecto a las propuestas 1 y 3. Adicionalmente, se observa que la propuesta 2, con respecto a la situación existente disminuye los valores de la longitud promedio de cola; en la Av. Canadá & Av. Aviación se logró disminuir en un 32%, en la Intersección Av. Canadá & Av. San Luis en un 43% y en la Intersección Av. Canadá & Av. De la Arqueología en un 80%.

Así mismo, en el horario PM, la propuesta 2 es la alternativa que presenta menores valores de longitud promedio de cola en las 3 intersecciones como se muestra en la Figura 87; con la implementación de esta propuesta se puede lograr la disminución de este parámetro en un 12%, 62% y 75% para las intersecciones Av. Canadá & Av. Aviación, Av. Canadá & Av. San Luis y Av. Canadá & Av. De la Arqueología respectivamente.

### 6.1.2 Número de Paradas Vehiculares.

La Figura 88 muestra el análisis comparativo del número de paradas vehiculares por intersección, se observa que las propuestas 1 y 2 generan una disminución con respecto a la situación existente; sin embargo, la tercera propuesta genera un incremento de este parámetro de eficiencia. De las tres propuestas presentadas, la segunda es la que genera una mayor reducción del número de paradas, en la intersección Av. Canadá & Av. Aviación se reduce en un 30% (AM) y 17% (PM), en la intersección Av. Canadá & Av. San Luis se logra una disminución de 19% (AM) y 14% (PM) y finalmente en la intersección Av. Canadá & De la Arqueología se reduce un 30% (AM) y 51% (PM).

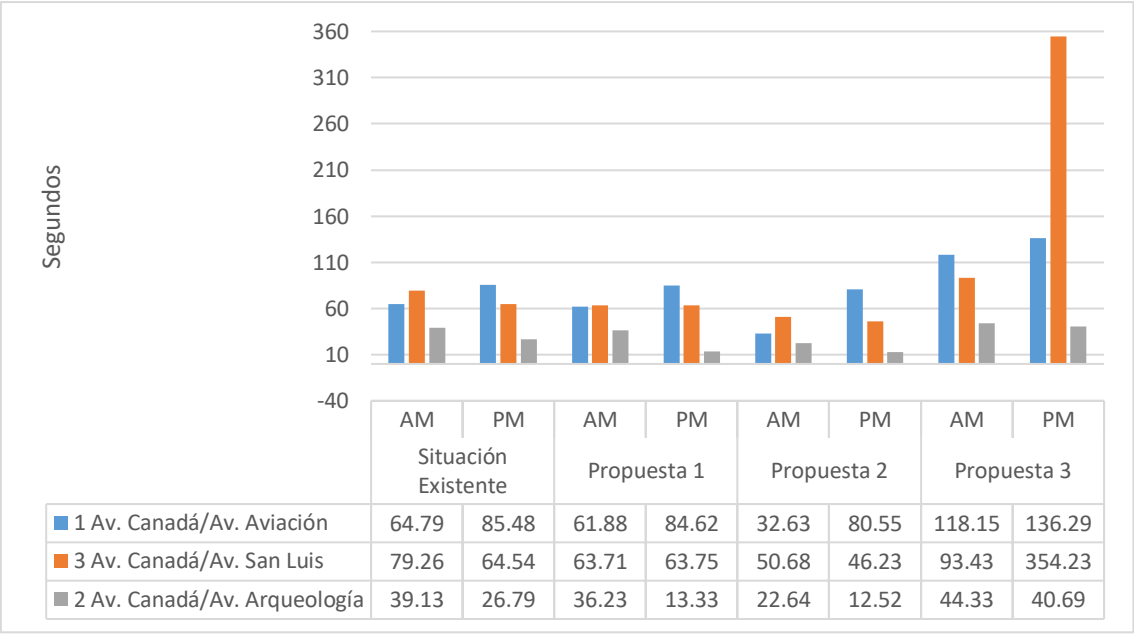



| | AM | PM | AM | PM | AM | PM | AM | PM |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Situación Existente | | Propuesta 1 | | Propuesta 2 | | Propuesta 3 | |
| 1 Av. Canadá/Av. Aviación | 1.45 | 2.02 | 1.14 | 2.01 | 1.02 | 1.67 | 1.92 | 2.25 |
| 3 Av. Canadá/Av. San Luis | 1.62 | 1.43 | 1.09 | 1.51 | 1.31 | 1.23 | 1.36 | 3.19 |
| 2 Av. Canadá/Av. Arqueología | 1.09 | 0.85 | 1.01 | 0.47 | 0.76 | 0.42 | 1.19 | 1.01 |

*Figura 88.* Evaluación comparativa del número de paradas

### 6.1.3 Demoras Vehiculares.

Este parámetro de eficiencia seleccionado es utilizado con mayor frecuencia en el análisis de intersecciones, este considera el tiempo que se pierde en el viaje de un vehículo entre dos puntos debido a la concentración de tráfico. La Figura 89 muestra el valor de demoras vehiculares por intersección, para los Horarios AM y PM, y para cada escenario (situación existente, propuesta 1, propuesta 2 y propuesta 3).




| | AM | PM | AM | PM | AM | PM | AM | PM |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Situación Existente | | Propuesta 1 | | Propuesta 2 | | Propuesta 3 | |
| 1 Av. Canadá/Av. Aviación | 64.79 | 85.48 | 61.88 | 84.62 | 32.63 | 80.55 | 118.15 | 136.29 |
| 3 Av. Canadá/Av. San Luis | 79.26 | 64.54 | 63.71 | 63.75 | 50.68 | 46.23 | 93.43 | 354.23 |
| 2 Av. Canadá/Av. Arqueología | 39.13 | 26.79 | 36.23 | 13.33 | 22.64 | 12.52 | 44.33 | 40.69 |

*Figura 89.* Evaluación comparativa de demoras

La Figura 89 muestra que las propuestas 1 y 2 presentan disminución de demoras vehiculares en las tres intersecciones para ambos horarios AM y PM con respecto los

valores de demora de la situación existente; por el contrario, la propuesta 3 presenta un incremento considerable, demostrando que la implementación se semáforos inteligentes en estas intersecciones y en horarios de alta demanda genera mayores demoras vehiculares.

Los valores presentados de demoras vehiculares son en general valores elevados, los cuales representan a situaciones saturadas. Se ha determinado que, de las 3 propuestas presentadas y evaluadas, la segunda es la que presenta menores valores de este parámetro de efectividad (demora vehicular); por otro lado, la propuesta 2 logra una disminución de demoras considerable en comparación a la situación existente, en el horario AM se redujo en un 50%, 36% y 42% en las intersecciones Av. Canadá & Av. Aviación, Av. Canadá & Av. San Luis y Av. Canadá & Av. De la Arqueología respectivamente. En el horario PM se redujo solo un 6% en la intersección Av. Canadá & Av. Aviación, un 28% en la intersección Av. Canadá & Av. San Luis y un 53% en la intersección Av. Canadá & Av. De la Arqueología.

El detalle de demoras vehiculares por acceso y movimiento de la propuesta 2 se muestra en la Tabla 22 para el horario AM y Tabla 23 para el horario PM.

### 6.1.4 Niveles de Servicio.

La siguiente figura muestra una comparación de Niveles de Servicio de los 4 escenarios evaluados (situación existente, propuestas 1, 2 y 3), los valores mostrados son el resultado final de los resultados de la modelación para el horario AM y PM, y para las 3 intersecciones.

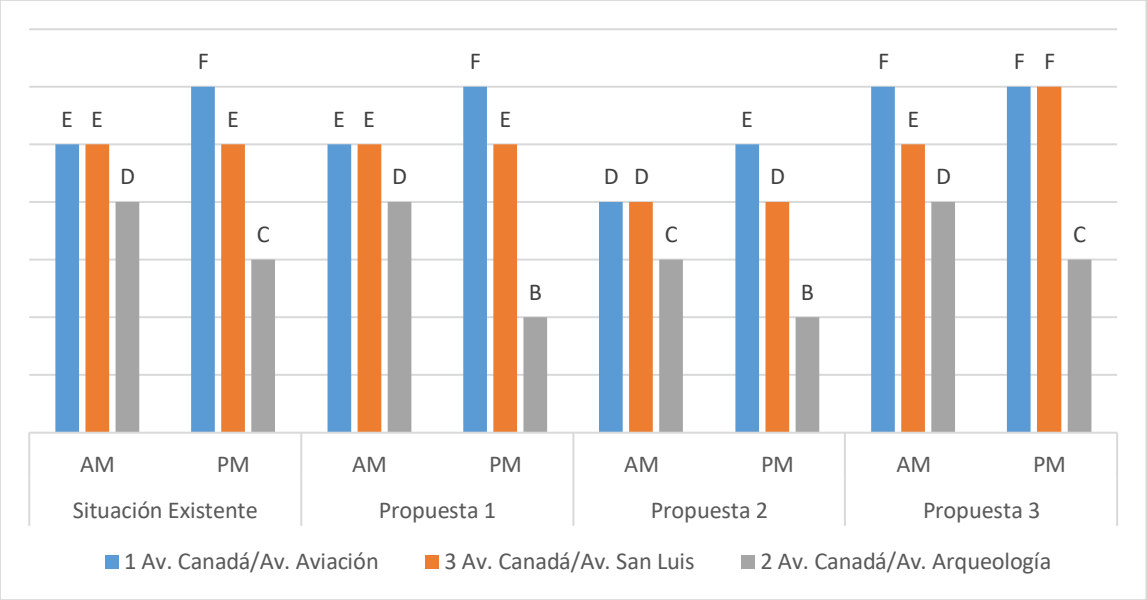
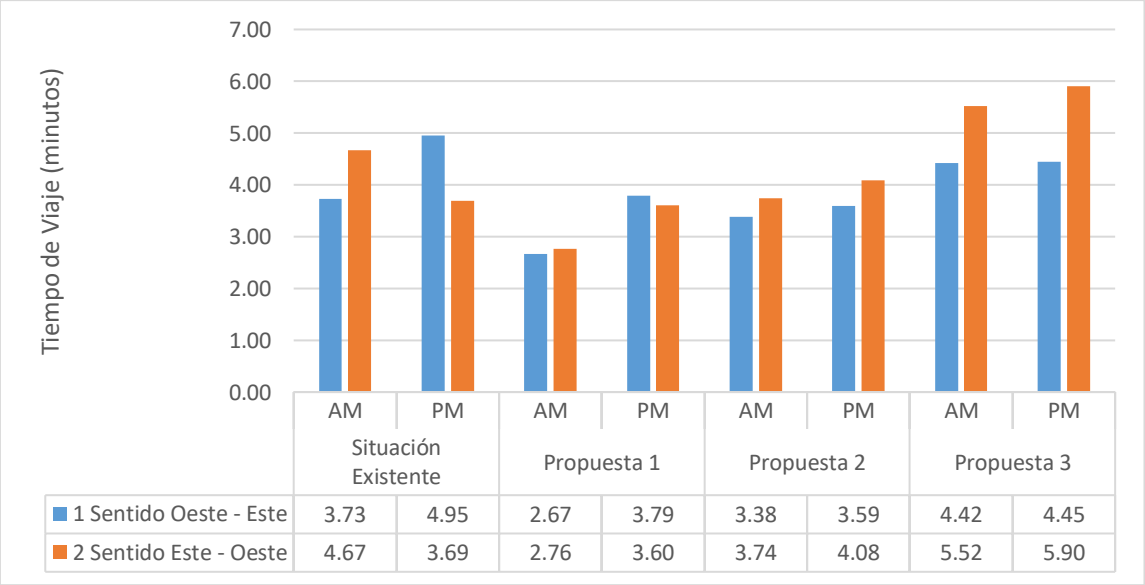



*Figura 90.* Evaluación comparativa de niveles de servicio

En la actualidad, la intersección Av. Canadá & Av. Aviación opera bajo niveles de servicios (NDS) E y F en el horario AM y PM respectivamente, la intersección Av. Canadá & Av. San Luis cuenta con NDS E para ambos horarios y finalmente la intersección Av. Canadá & Av. De la Arqueología presenta NDS D y C para el horario AM y PM respectivamente. La propuesta de mejora 1 logra aumentar el NDS en la Intersección Av. Canadá & Av. De la Arqueología en el horario PM de NDS C a NDS B. La segunda propuesta presenta una reducción en los niveles de servicio de las 3 intersecciones, en el horario AM se redujo de NDS E a NDS D paras las intersecciones de la Av. Canadá con las Avenidas Aviación y San Luis, y de NDS D a NDS C en la intersección de la Av. Canadá & Av. De la Arqueología; por otro lado, en el horario PM, se redujo de NDS F a NDS E en la intersección Av. Canadá & Av. Aviación, de NDS E a NDS D en la intersección Av. Canadá & Av. San Luis y de NDS C a NDS B en la intersección Av. Canadá & Av. De la Arqueología. Finalmente, la propuesta 3 no presenta mejoras significativas, en el horario AM incrementa el NDS E a NDS F de la intersección Av. Canadá & Av. Aviación, se mantiene el NDS E y D de las intersecciones de la Av. Canadá con las Avenidas San Luis y De la Arqueología respectivamente; por otro lado, en el horario PM, se mantiene el NDS F y C para las intersecciones de la Av. Canadá con las Avenidas Aviación y De la Arqueología, y un incremento de NDS E a NDS F en la intersección Av. Canadá & Av. San Luis.

### 6.1.5 Tiempo de Viaje.

En la siguiente figura se muestra una comparación de valores del tiempo de viaje vehicular tomados en la Av. Canadá, tomando una distancia referencial de 1020 metros en ambos sentidos.




| | Situación Existente AM | Situación Existente PM | Propuesta 1 AM | Propuesta 1 PM | Propuesta 2 AM | Propuesta 2 PM | Propuesta 3 AM | Propuesta 3 PM |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 Sentido Oeste - Este | 3.73 | 4.95 | 2.67 | 3.79 | 3.38 | 3.59 | 4.42 | 4.45 |
| 2 Sentido Este - Oeste | 4.67 | 3.69 | 2.76 | 3.60 | 3.74 | 4.08 | 5.52 | 5.90 |

*Figura 91.* Evaluación comparativa del tiempo de viaje en la Av. Canadá

En la actualidad, los vehículos que se dirigen de Este a Oeste demoran 4.67 minutos y en el sentido contrario la demora es 3.73 para el horario AM, mientras que, para el horario PM, el tiempo de viaje es 3.69 y 4.95 minutos en el sentido Este – Oeste y viceversa respectivamente. La propuesta 1 disminuye el tiempo de viaje en un 28% y 41% en sentido Oeste – Este y viceversa respectivamente para el horario AM, asimismo, para el horario PM, el tiempo de viaje disminuye en un 23% en sentido Oeste – Este y tan solo 2% en sentido Este – Oeste. La propuesta 2 presenta una reducción del tiempo de viaje en un 9% y 20% en sentido Oeste – Este y viceversa respectivamente para el horario AM; por otro lado, en el horario PM, el tiempo de viaje disminuye en un 27% en sentido Oeste – Este y se incrementa en un 11% en sentido Este – Oeste. Finalmente, la propuesta 3 presenta un incremento del 18% para el horario AM en ambos sentidos de circulación, en el horario PM logra disminuir el tiempo de viaje en un 10% en sentido Oeste – Este y un incremento del 60% en sentido Este – Oeste.

De las 3 propuestas de mejora presentadas, la primera propuesta es la que genera una mayor reducción de los tiempos de viaje en la Av. Canadá; sin embargo, en el análisis de longitud de colas y demoras se ha determinado que esta propuesta presenta mayores longitudes de colas y mayores demoras que la propuesta 2.

### 6.1.6 Velocidad de Viaje.

La velocidad de viaje es obtenida mediante una distancia definida en la modelación y el tiempo en que los vehículos recorren dicha distancia. En este caso en específico se tomó la Av. Canadá para la determinación y comparación de este parámetro para la situación existente y las propuestas de mejora.

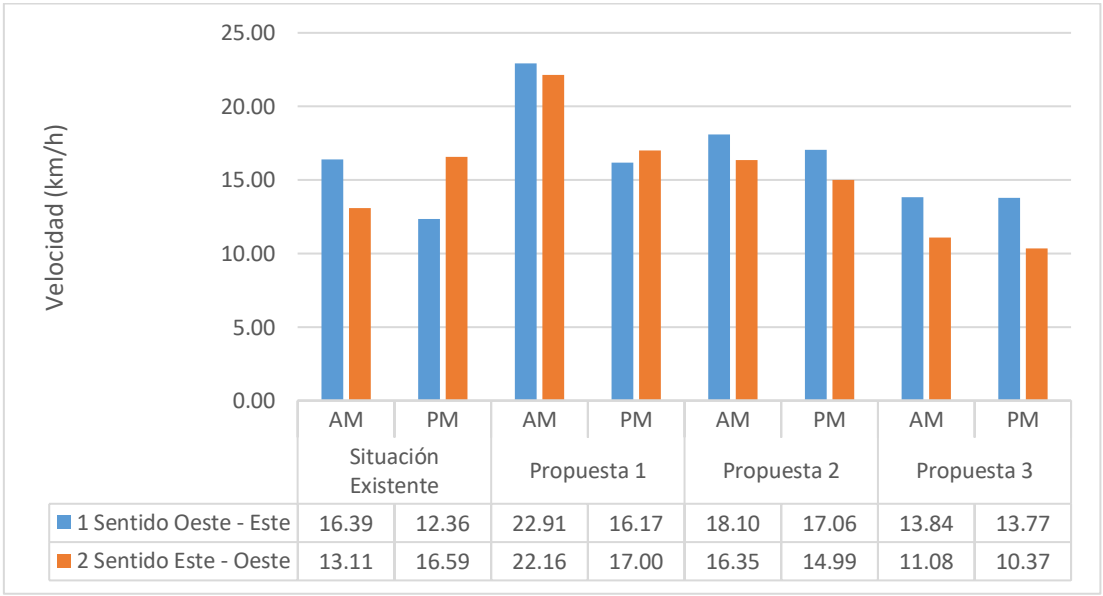



*Figura 92.* Evaluación comparativa de la velocidad de viaje en la Av. Canadá

Los vehículos que transitan por la Av. Canadá lo hacen bajo una velocidad de 16.39 (17 km/h) y 13.11 (14 km/h) en sentido Oeste – Este y Este – Oeste respectivamente para el horario AM, en el horario PM la velocidad de viaje es 12.36 (13 km/h) y 16.59 (17 km/h) en sentido Oeste – Este y Este – Oeste respectivamente. Este parámetro es inversamente proporcional al tiempo de viaje, en el análisis anterior (tiempo de viaje) se determinó que la propuesta 1 genera una reducción del tiempo de viaje para ambos horarios; por lo tanto, se logra un incremento en la velocidad de viaje como se muestra en la Figura 92. La velocidad de viaje obtenida de la micro simulación de la propuesta 1 es 22.91 (23 km/h) y 22.16 (22 km/h) en sentido Oeste – Este y este – Oeste respectivamente para el horario AM representando un incremento del 40% y 69% en cada sentido. Asimismo, en el horario PM se obtuvo una velocidad de 16.17 (16 km/h) y 17km/h en sentido Oeste – Este y este – Oeste respectivamente, estos valores representan un incremento de 31% en sentido Oeste – Este y ligero incremento del 2% en sentido Este – Oeste.

Pese a tener mayores velocidades de viaje en la propuesta 1, el análisis de longitud de cola promedio y análisis de demoras demuestran que la propuesta 2 presentan menores demoras y longitudes de cola.

## 6.2 Evaluación Económica

En este acápite se presenta una evaluación de costos y beneficios que generan los diferentes escenarios propuestos. En la Tabla 28 se muestra los costos que generaría la implementación de cada una de las propuestas, los costos incluyen IGV, en el cual se aprecia que la propuesta 3 resulta ser la más cara con 573,913.30 nuevos soles, la implementación de la segunda propuesta tiene un costo de 459.965.33 nuevos soles y finalmente, se aprecia que la propuesta 1 es la más económica con 39,531.56 nuevos soles. Además, en el **Anexo 7** se muestra los detalles de cálculo de costos y beneficios.

| | Estudio | Expediente Tecnico | Implementación | Mantenimiento Anual | Costo Total |
|---|---|---|---|---|---|
| **Propuesta 1** | S/16,000.00 | S/0.00 | S/23,531.56 | S/0.00 | S/39,531.56 |
| **Propuesta 2** | S/60,000.00 | S/80,000.00 | S/309,965.33 | S/10,000.00 | S/459,965.33 |
| **Propuesta 3** | S/50,000.00 | S/70,000.00 | S/448,913.30 | S/5,000.00 | S/573,913.30 |

Tabla 28. Costos de la implementación de las diferentes propuestas

Por otro lado, el beneficio que se obtendrá de la implementación de cada propuesta se calcula en base a las demoras en cada intersección, cabe notar que la Propuesta 3 fue descartada, debido a su alto costo de la implementación y a la nula mejora que presenta con respecto a la situación existente. Por lo tanto, la evaluación de costos – beneficio

se realiza exclusivamente para las Propuestas 1 y 2. Para determinar el beneficio en valor monetario, se convirtió las demoras en tiempo de Horas Hombre (HH). Los cálculos para la determinación del valor social del tiempo (VST) se desarrollan en el siguiente acápite.

### 6.2.1 Determinación del Valor Social del Tiempo.

El Valor Social del Tiempo (VST) es un importante parámetro al momento de estimar los beneficios de toda evaluación socio – económica de proyectos de transporte, ya que, el tiempo destinado al transporte implica un costo de oportunidad para los usuarios al dejar de realizar otras actividades. Generalmente, el Valor Social del Tiempo fue asociado al Valor del Tiempo de Viaje, por lo que su determinación fue aproximada a través del salario bruto (Universidad Pacífico, 2012). Adicionalmente, se considera el valor de tiempo de transporte de mercancías, el mismo que toma otro tipo de consideraciones dentro del enfoque de costo de factores como el costo del tiempo de uso vehicular, salario del conductor y tiempo de los ocupantes de cada tipo vehicular (Gwilliam, 1997).

Diversos estudios demuestran que el valor del tiempo se incrementa en función al incremento del ingreso de la persona o del hogar, pero que el incremento en ambos no es proporcional. Dada esta relación creciente con el ingreso, el aumento del valor monetario del tiempo se puede aproximar mediante el crecimiento del PBI per cápita. Según Belli et.al., (2001) al valor de los viajes (salario bruto) se les deberá incrementar un porcentaje que corresponde a las prestaciones sociales, impuestos y otros beneficios que son pagados por el empleador, para el caso peruano se considera un valor del 30%, debido a las posibles distorsiones en los diferentes sectores productivos que podrías subestimar el valor de las prestaciones sociales, además, este valor es consistente con los diferentes estudios realizados.

Calmet & Juan Miguel Capurro (2011) plantean 2 metodos de estimación del VST. El primero se basa en el calculo objetivo en función del ingreso monetario de los usuarios, el segundo trata de obtener el valor del tiempo de los usuarios a partir de sus desisiones entre diferentes medios de transporte en funsión a diferentes panoramas tiempo de viaje y tarifa. Para determinar el VST, Bonifaz (2000) propone promediar el valor del tiempo de viaje (VTT) y de ocio (VTO) expresado en la siguiente ecuación:

$$VST=\alpha.VTT+(1-\alpha).VTO$$

** α representa el procentaje de viajes por tranajo*

Para determinar el VST se utilizaron datos de la Encuesta Nacional de Hogares (2017) realizado por el Instituto Nacioanl de Estadistica e Informatica (INEI) en el año 2017, donde se determino que el ingreso real promedio al mes por persona fue de 962 soles,

cifra que representa una disminución del 1.5% con respecto al año 2016 en el que se registro en 977 soles, cabe mencionar que los valores mostrados corresponden a nivel nacional, Sin embargo, diversos estudios demuestran que el ingreso mensual en Lima en mayor que en provincias, por lo tanto, para un análisis más preciso se tomará únicamente los valores de la Ciudad Metropolitana de Lima, donde el INEI determinó un ingreso promedio mensual de 1667 soles para el año 2017 representando un incremento en 0.4% respecto al 2016.

El ingreso bruto mensual determinado se divide entre el número de horas laboradas en el mes. La investigación realizado por la Universidad del Pacífico indica que, aproximandamente el 50% de personas trabajan almenos 9.3 horas en promedio.

| Ingreso (S/.) | | Horas Trabajadas | α (%) | 1-α (%) | VTT (S/.) | VTO (S/.) | VST (S/.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PBI Per cápita | S/1,667.00 | 241.8 | 70.0% | 30.0% | S/6.89 | S/2.07 | S/8.96 |
| Remuneración mínima Vital | S/930.00 | 241.8 | 70.0% | 30.0% | S/3.85 | S/1.15 | S/5.00 |

Tabla 29. Cálculo del Valor Social del Tiempo (HH)

### 6.2.2 Determinación del Beneficio

Para la determinación del beneficio obtenido por cada propuesta de mejora se toma en cuenta el Valor Social del Tiempo igual a 8.96 soles, este valor será multiplicado por el ahorro total del tiempo debido a la reducción de las demoras en cada intersección. La reducción de demoras se refleja en el ahorro de tiempo con respecto a los valores de la situación existente (Ver Tabla 30).

| DIFERENCIA DE DEMORA / CICLO (Segundos) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Intersección 1 | | Intersección 2 | | Intersección 3 | |
| Horario | AM | PM | AM | PM | AM | PM |
| Situación Existente | | | | | | |
| Propuesta 1 | 2.90 | 0.86 | 2.90 | 13.46 | 15.60 | 0.79 |
| Propuesta 2 | 32.20 | 4.93 | 16.50 | 14.27 | 28.60 | 18.31 |
| Propuesta 3 | -53.40 | -50.81 | -5.20 | -13.90 | -14.10 | -289.69 |

Tabla 30. Diferencia de demoras por cada ciclo semafórico

La diferencia de demoras en “segundos” son convertidas demoras en “horas” acumuladas en un año, lo que significa, que cada persona usuaria de diferentes tipos de vehículos pierde la cantidad de horas que se muestra en la siguiente tabla.

| DEMORA PERDIDA / AÑO (Hora) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Intersección 1 | | Intersección 2 | | Intersección 3 | |
| Horario | AM | PM | AM | PM | AM | PM |
| Propuesta 1 | 17.64 | 7.85 | 17.64 | 122.82 | 94.90 | 7.21 |
| Propuesta 2 | 195.88 | 44.99 | 100.38 | 130.21 | 173.98 | 167.08 |

Tabla 31. Horas ahorradas en un año por cada persona usuaria de la red vial evaluada

La cantidad de horas ahorradas por persona se multiplica por la cantidad total de usuarios en la red vial evaluada, el cual se obtiene de la cantidad de usuarios promedio del auto (1 persona), bus (15 personas) y camión (1 persona) del volumen horario por tipo de vehículo en cada intersección. Finalmente, la cantidad de horas ahorradas por todos los usuarios en un año es multiplicado por el valor de HH (8.96 soles), adicionalmente, los valores obtenidos son multiplicados por el número de años que representan la vida útil de cada propuesta de mejora. Los beneficios finales de las propuestas de mejora 1 y 2 se muestran en la Tabla 32. Cabe mencionar que se ha considera una vida útil de 1 año para Propuesta 1 y 6 años para la Propuesta 2.

| BENEFICIO / VIDA UTIL (Soles) | | | | | | | TOTAL | B/C |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Intersección 1 | | Intersección 2 | | Intersección 3 | | | |
| Horario | AM | PM | AM | PM | AM | PM | | |
| Propuesta 1 | S/ 2,307,276.84 | S/ 980,726.89 | S/ 1,582,758.50 | S/ 10,852,098.33 | S/ 10,418,812.46 | S/ 838,156.11 | S/ 26,979,829.12 | 682 |
| Propuesta 2 | S/ 153,712,374.57 | S/ 33,732,443.37 | S/ 54,032,100.40 | S/ 69,030,955.34 | S/ 114,606,937.05 | S/ 116,556,746.48 | S/ 541,671,557.21 | 1178 |

Tabla 32. Beneficio de las Propuesta 1 y 2 durante su vida útil

Finalmente, de los costos y beneficios de las Propuesta 1 y 2 se obtiene la relación costo – beneficio, del cual se concluye que la implementación de la propuesta 2 presenta un beneficio de 1178 veces mayor que el costo y la propuesta 1 tiene un beneficio 682 veces mayor que su costo. Como se aprecia en los resultados, la implementación de mejoras genera un beneficio social alto, ya que la suma de demoras de todos los usuarios el ahorro económico es alto.

# Capítulo 7: Conclusiones y Recomendaciones

## 7.1 Conclusiones

Se concluye en base a los resultados que se obtuvieron del análisis de la situación existente, y las situaciones con propuestas de mejora 1, 2 y 3.

En el presente proyecto se determinó mediante la micro simulación de tráfico que, las condiciones existentes de circulación multimodal están saturadas, con longitud de colas largas, con tiempos de demora considerable y niveles de servicio bajos en las intersecciones de la Avenida Canadá con las Avenidas Aviación, San Luis y De la Arqueología en el Distrito de San Luis, Lima, en especial en las intersecciones de la Av. Canadá con las Avenidas Aviación y San Luis, en las cuales se aprecian demoras por encimas de 100 segundos y predominan Niveles de Servicio E y F, los resultados reflejan lo observado en campo, ya que, estas intersecciones generalmente operan bajo condiciones saturadas que se ven reflejados en el tráfico vehicular.

Habiendo determinado que las intersecciones evaluadas operan bajo niveles de servicio bajos, se presenta las siguientes alternativas de mejora. En la primera, se propone la optimización del ciclo y fases semafóricas, sin ninguna modificación geométrica, en esta propuesta no se logró reducir considerablemente el tiempo de viaje en la Av. Canadá y se logra mejoras en los parámetros de eficiencia seleccionados con respecto a las condiciones de circulación existente, mediante un proceso iterativo se determinó un ciclo de 180 segundos y 120 segundos para el horario AM y PM; así mismo, queda comprobado que un tiempo mayor de ciclo semafórico no garantiza un mejor funcionamiento de una intersección semaforizada, en muchas ocasiones este aumento ocasiona mayores problemas en la red, tal como se demostró en el proceso iterativo.

Con los resultados obtenidos de la propuesta 1, se demuestra mediante la micro simulación que la semaforización convencional (actual) influye en la generación de tráfico en las intersecciones evaluadas; sin embargo, la reducción de longitud promedio de colas y demoras son pequeñas, las mismas que se ven reflejadas en niveles de servicio similares a la situación existente.

Se aprecian deficiencias en cuatro características de la vía, geometría, semaforización, señalización y paraderos de transporte púbico. Estas cuatro deficiencias en conjunto generan una vialidad altamente desordenada caracterizada por las altas demoras y largas colas que se aprecian en el análisis de microsimulación presentado en este informe. En la segunda propuesta de mejora, se propone modificaciones en la semaforización, geometría y ubicaciones de paradero de buses, esta propuesta toma especial interés en la consistencia entre la semaforización y la geometría de las

intersecciones. Observando las longitudes de colas largas en giros a la izquierda, en esta propuesta de mejora se modifica la longitud de carriles de giro izquierdo existente, se implementar nuevos carriles de giro exclusivo en la Av. Canadá y en algunos casos se propone doble carril de giro izquierdo debido a la alta demanda de estos giros. El ciclo y fases de la semaforización se obtuve mediante un proceso iterativo similar a la propuesta 1, donde cada movimiento tiene una fase independiente que puede ser modificado dependiendo de la demanda vehicular en un determinado horario. Esta propuesta presenta mejoras considerables en los parámetros de eficiencia que se ven reflejados en mejores Niveles de Servicio.

Como tercera propuesta de mejora, se modeló la implementación de semáforos accionados en las 3 intersecciones empleando la herramienta “Ring Barrier Controller” del software utilizado para la micro simulación, en el cual se obtuvo un resultado diferente a lo esperado; ya que, pese a sonar como soluciones definitivas para el tráfico de la ciudad de Lima, en el presente proyecto se demostró que, para el estilo de manejo y cultura vial del tipo de conductor predominante en nuestra capital, más aun teniendo en cuenta que en horarios de alta demanda vehicular (horas pico) e intersecciones que operan al límite o sobre su capacidad, la semaforización accionada no presenta mejoras con respecto a la situación existente como lo demuestran los resultados de los parámetros de eficiencia. Sin embargo, queda una ventana abierta para futuras investigaciones, sobre la aplicación de semáforos accionados en las intersecciones de Lima, se estima que la aplicación de estos semáforos tenga éxito en horas de baja demanda (horas valle) y que en horas pico la programación sea fija. Adicionalmente, se concluye que los factores que influyeron en los resultados de la propuesta 3 sean los siguientes:

- Las intersecciones evaluadas operan al límite o sobre su capacidad.
- El estilo de manejo predominante en la Ciudad de Lima es agresivo, desordenado, desacatando reglas de tránsito, entre otros.
- La acumulación de colas vehiculares desde horas anteriores a las horas pico, debido a la pérdida del tiempo en verde (programación fija), por lo tanto, al modelar el presento proyecto, la intersección ya se encuentra saturada, y la semaforización accionada tiene poco efecto positivo.

En base al análisis de resultados de los parámetros de eficiencia, se concluye que la propuesta 2 representa mejoras significantes con respecto a la circulación existente y las propuestas 1 y 3. Además, el costo de la implementación de estas recomendaciones

resulta ser menor a la implementación de semáforos inteligentes y superior a la propuesta 1.

Adicionalmente, la utilización del programa Vissim 10.0 resultó ser favorable para la modelación de la red vial que incluye las tres intersecciones, ya que la micro simulación incluye la interacción de los usuarios de la red vial, este programa reduce el tiempo invertido en ubicar los detalles necesarios de estudios en campo. Adicionalmente, representa de una manera más cercana a la realidad la red vial modelada y permite obtener resultados con un alto grado de precisión; además, en caso de cometer una equivocación, es posible modificar los datos de entrada rápidamente o modificar los datos de ingreso para evaluar posibles propuestas de mejora para el estudio de un proyecto.

Finalmente, la implementación de estas soluciones (propuesta 2) generará una vialidad ordenada, más segura y más fluida. Adicionalmente, estas mejoras incentivaran el respeto a las normas de tránsito por parte de los conductores ya que una vialidad clara y ordenada incentiva el uso adecuado de los carriles.

### 7.2 Recomendaciones

La metodología que se siguió para la evaluación y análisis del sistema de transporte y funcionamiento de las intersecciones seleccionadas se puede utilizar como guía para futuros estudios similares, intersecciones con geometrías complejas y operen bajo condiciones saturadas. Por otro lado, la metodología también puede ser aplicada a intersección no semaforizadas que operan con reglas de prioridad o combinación de ellos.

El diseño de una intersección semaforizada toma en cuenta los aforos vehiculares, peatonales y todos los usuarios pertinentes de cada acceso, los cuales sirven para determinar el ciclo óptimo del semáforo y el tiempo de verde en las fases correspondientes. Se debe tener cuidado en especial del tiempo verde efectivo, ya que un valor alto en alguna fase puede generar desorden y sacrificar las demás fases; el tiempo de verde debe ser en consistente con el volumen vehicular de cada movimiento respectivamente y se debe tener en cuenta el tiempo mínimo de verde que resulta ser el tiempo en el que un peatón puede cruzar la vía con seguridad. Durante el diseño vial, se debe tener en cuenta el estudio de la geometría, tipo de uso de zona, ya que estos determinan el tipo de comportamiento de los usuarios (estilo de mano agresivo, defensivo, etc.).

Para la realización de este tipo de proyectos, es de vital importancia la correcta toma de data de campo y el adecuado procesamiento en gabinete, debido a que, la modelación

de la red vial y el estudio del funcionamiento están basados en los aforos, datos geométricos, tiempos semafóricos entre otros. Por ello, la etapa de recolección de datos y procesamiento deben ser realizados con el apoyo de personas conocedor del tema, con la finalidad de reducir los errores.

Con respecto a la semaforización se recomienda:

- Contar con fases peatonales antecesoras, es decir, el peatón debe recibir verde 3 o 4 segundos antes que el giro a la derecha que entra en conflicto para permitir un cruce seguro
- Todos los giros a la izquierda deberán contar con semaforización protegida/permitida. De esta manera se genera una operación más ordenada y segura. Referirse al MUTCD (EEUU, 2014) para la descripción de esta operación.
- Los tiempos de cada fase deberán ser VARIABLES acorde a la demanda, no corresponde colocar tiempos fijos en una vialidad tan congestionada y variable como esta.
- Todo giro a la izquierda deberá contar con un semáforo con flechas verde y ámbar.
- Todo semáforo de giro a la izquierda deberá contar con cinco luces (para permitir operación protegida/permitida) y ser ubicado al centro del carril de giro correspondiente. Ver el plano de mitigación para identificar el tipo de luces por semáforo.
- Todo semáforo de tres luces circulares deberá colocarse en la proyección de la línea que separa dos carriles.

Se requiere implementar carriles de giro izquierda exclusivos en todos los puntos presentados en el plano de mitigación de este informe. En algunos puntos se requieren inclusive dos carriles. Cabe notar que giros con más de 300 vehículos por hora necesariamente requieren dos carriles exclusivos. En algunos puntos donde ya existen carriles de giro, se aprecia que estos fueron diseñados para flujos mucho más bajos o fueron diseñados sin criterio de demanda. Estos requieren ser alargados conforme se muestra en el plano de mitigación.

La señalización deberá implementarse como se presenta en el plano de mitigación. Deberá considerarse que esta debe cumplir con el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras 2016 o el MUTCD en su defecto. Específicamente se hace hincapié en la necesidad de colocar flechas ANTICIPADAS

que indiquen el uso de cada carril. Adicionalmente, en los giros a la izquierda deberán colocarse líneas canalizadoras para permitir giros TANGENCIALES. La implementación de carriles de giro facilitará que los giros sean tangenciales en todas las intersecciones. Esta operación será reforzada con la señalización recomendada. La señalización de los cruceros peatonales deberá pintarse con pintura termoplástica de muy alta calidad que permita una buena visualización en la noche. Esta deberá cumplir con los niveles de retrorreflectividad del manual correspondiente.

Los paraderos de buses son puntos altamente problemáticos. Estos deberán ser físicamente segregados. En puntos donde existe espacio se han recomendado bahías separadas para el transporte público. En otros puntos se recomienda la separación física de los paraderos mediante delineadores verticales, tachas o sardineles. Esto permitirá canalizar de mejor manera a los vehículos de transporte público. Adicionalmente se recomienda la reubicación de los paraderos levemente aguas arriba de las intersecciones para permitir que los giros a la derecha no sean afectados por el transporte público, como ocurre en la actualidad. Debido al alto nivel de desorden del transporte público de la ciudad, es imprescindible la colocación de elementos físicos de canalización que permitan forzar un nivel de orden en el uso de los carriles por parte de los vehículos de transporte público.

Se recomienda evaluar la implementación de semáforos inteligentes, no únicamente en horas pico, pero durante 24 horas con la finalidad de realizar un estudio completo y obtener resultados que presenten mejoras con respecto a la situación actuales y propuestas de optimización de fases y ciclos, ya que, la semaforización accionada, sin importar las condiciones de circulación debería generar un tráfico más fluido, menores demoras, etc.

# REFERENCIAS


Aguirre, M. (26 de Octubre de 2018). *Sistema, modelo y Simulación*. Obtenido de http://arantxa.ii.uam.es/~aguirre/OS/sms.pdf

Ahmed, K. (1999). *Modeing Driver's Aceleration and Lane Changing Behaviors.* Massachusetts: Institute of Tecnology.

Alcalá, R. M. (2016). *Microsimulación de Tráfico de la Intersección de las Avenidas Bolivar, Córdova y Calle Andalucía Empleando el Software Vissim 6.* Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.

Alegre Escorza, M., & Rodriguez, A. (2016). *Transporte Urbano: ¿cómo resolver la movilidad en Lima y Callao?* Lima: CIES Consorcio de investigación económica y social.

Alvarez, V. J. (2017). *Micro-simulación Intermodal en la Ciudad del Cusco Empleando los Software Vissim 8 y Viswalk 8.* Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.

Anorozo, M. M. (2015). *Semáforos Inteligentes.* Asunción - Paraguay: Facultad de Ciencias.

Belli P., J.R. Anderson, H.N.Bamum, J.A. Dixon, & J.P. Tan. (2001). *Economic Analysis of Investment Operations: Analysis Tools and Practical Applications.* Washington: World Bank.

Benekohal, R. (1991). Procedure for Validation of Microscopic Traffic Flow Simulation Models. Transportation Research Record n.

Bloomberg, L., & Dale, J. (2000). *A Comparison of the Vissim and Corsin Traffic Simulation Models.* Oakland: Institute of Transportation Engineers Annual Meeting.

Bonifaz, J. (2000). *Cálculo de Precios Sociales: El Valor Social del tiempo.* Lima: Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico.

Bull, A. (2003). *Congestión de tránsito: el problema y como enfrentarlo.* Santiago de Chile: CEPAL.

Calmet, D., & Juan Miguel Capurro. (2011). *El Tiempo es Dinero. Cálculo del Valor Social del Tiempo en Lima Metropolitana para Usuaios de Transporte Urbano.* Lima: Revista Estudios Económicos.

Campoverde, B. I. (2017). *Modelado de Tráfico Vehicular en Avenidas a Partir de Datos Estadísticos.* Cuenca , Ecuador: Universidad Politécnica SALESIANA.

Canca, D., & Muñuzuri, J. (30 de Octubre de 2018). *Modelo de Cambio de Carril para un Simulador Microscópico de Tráfico Urbano*. Obtenido de file:///C:/Users/LuisAlberto/Downloads/MODELO_DE_CAMBIO_DE_CARRIL_PARA_UN_SIMULADOR_MICRO.pdf

Carlos, M. A. (2013). *Simulación Microscópica del Tránsito.* Brasil: 13th WCTR.

Deudes, M., Vivas, O., & Boneth, R. (26 de Octubre de 2018). *Modelos Estocásticos y Deterministas*. Obtenido de http://upcmodelos.blogspot.com/2013/03/modelos-estocasticos-y-deterministas.html

Dowling, R., Skabardonis, A., Halkias, J., McHale, G., & Zammit, G. (2004). *Guidelines for Calibration of Microsimulation models.* Wasington, United State: Journal of the Transportation Research Board.

Fellendorf, M., & Peter, V. (2010). *Microscopic Traffic Flow Simulator VISSIM.* Alemania: International Series in Operation Research and Management Sciencie.

Fernández, A. R. (25 de Octumbre de 2018). *Temas de Ingeniería y Gestión de Tránsito*. Obtenido de file:///C:/Users/LuisAlberto/Downloads/Fernandez-2014-Temasingenieriaygestiontransito-TAPA.pdf

FHWA. (2004). *Traffic analysis toolbox Volume III: Guidelines for applying traffic microsimulation modeling software.* Washington: FHWA-HRT-04-040.

Fontalvo, A. K. (2013). *Modelación del Tránsito Vehicular con el Software PTV Vissim Tramo Bomba el Gallo - Bomba el Amparo.* Cartagena, Colombia: Universidad de Cartagena.

GDU. (2010). *Problemáticas del Tránsito Terrestre en la Ciudad de Lima.* Lima: Gerencia de Transporte Urbano - Municipalidad Metroplitana de Lima.

Gipps, P. (1981). A behavior Car - Following Model for Computer Simulation. Transportation Research Board.

Gwilliam, K. (1997). *The Value of Time in Economic Evaluation of Transport Projects: Lessons from recent research.* Infraestructure Notes No. OT-5. The Work Bank.

HCM. (2010). *Highway Capacity Manual.* Transportation Research Board.

Helbing, D., & Molnár, P. (1995). Social Force Model for Pedestrian Dynamic. Phys Rev E-51(5).

Holgado, R. E. (2012). *Estudio de Regulación del Tránsito de Vehículos y Peatones en los Alrededores de la Avenida Portugal de Salamanca.* Salamanca, España: Ingeniería en Organización Industrial.

Iftekhar, A. K. (1991). *Modeling Driver´s Acceleration and Lane Changing Behavior.* Massachusetts Institute of Technology.

Ignasi, S. V., & France, R. (2000). *Principios para la Micro-simulación del Tráfico.* Barcelona, España: CIMNE.

INEI. (2017). *Encuesta Nacional de Hogares.* Lima Metropolitana.

JICA. (2013). *Encuesta de Recolección de Información Básica del Transporte Urbano en el Área Metropolitana de Lima y Callao.* Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Linares Morales, R. J., & González Sánchez, J. J. (2013). *Control del Tráfico Vehicular por Medio de Semaforos Inteligentes.* Maracaibo.

Marcio, C. L. (2002). *Discrete and Continuous Simulation.* Estados unidos: PAD 824 - Advanced Topics in System Dynamics.

Mathew, T. V., & Krishna, R. (29 de Octubre de 2018). *Microscopic Traffic Flow Modeling*. Obtenido de https://nptel.ac.in/courses/105101087/downloads/Lec-34.pdf

Montenegro Arjona, J. C. (2013). *Simulación Microscópica del Tránsito.* Brasil: 13th WCTR.

Moreno, C. (2013). *Estudio y Diseño Vial d la Av. 15 de Noviembre (Etapa III de 1.71 Km de Longitud), Cantón Tena, Provincia de Napo.* Quito: Facultad de Ingeniería.

Motta, D. R. (2018). *Flujo Vehicular por Unidad de Peaje.* Lima: Instituto Nacional de Estadistica e Informatica INEI y PROVIAS Nacional.

MTC. (2018). Manual de Diseño Gemométrico de Carreteras. Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Narváez, R., & Zapardiel, A. (2015). *Modelación del Tránsito Vehicular en el Sector Bomba el Ampari - Sao la Plazuela, Cratagena por Medio del Software PTV Vissim.* Cartagena: Universidad de Cartagena.

Nerem, S. (2013). *Vehicle weight in Gipps'car - Following Model.* Noruega: Norwegian University of Science of Technology.

Pacífico, C. d. (2012). *Estimación del Valor Social del Tiempo.* Lima.

Paquiyauri, U. H. (2015). *Implementación de políticas y técnicas innovadoras de seguridad vial mediante la aplicación de auditorias de seguridad vial en carreteras nacionales.* Lima.

Posada, C. (2018). *Aumento Continuo del Parque Automotor, un Problema que Urge Solucionar.* Lima: Comercio Exterior.

PTV. (2017). *PTV VISSIM FIRST TUTORIAL.* Karlsruhe: PTV Planung Transport Verkehr AG.

PTV-GROUP. (29 de Octumbre de 2017). *Welcome to PTV GROUP*. Obtenido de https://www.ptvgroup.com/en/

PUCP, F. d. (2017). *VIII Informe de Percepción Sobre Calidad de Vida en Lima y Callao.* Lima: Lima Como Vamos, Observatorio Ciudadano.

RAE. (25 de Octubre de 2018). *Real Academia Española*. Obtenido de http://www.rae.es

Rodriguez, D. H. (Junio de 2012). Modelo para Micro-Simulación del Tráfico Vehicular y Peatonal Utilizando CUDA. *ResearchGate*.

Sabando, S. I. (2014). *Determinación del Nivel de Servicio en Calles Urbanas.* Valparaiso: Universidad Técnica Federico Santa María.

Salvador, V. I., & Robusté, F. (2000). *Principios para la Micro-simulación del Tráfico.* Barcelona, España: CIMNE.

Sánchez Rico, M. T. (2015). *El estudio del transporte y tráfico urbano buscando mejorar la calidad de vida en las ciudades de México.* La Mancha: Universidad de Castilla.

Sanchez, S. R. (2015). *El estudio del transporte y trafico urbano buscando mejorar la calidad de vida en las ciudades de México.* España: Universidad de Castilla.

Siddharth, S., & Gitakrishnan, R. (2013). *Calibration of Vissim for Indian Heterogeneous Traffic Conditions.* Departament of Civil Engineering: Chennai.

Suárez, C. L. (2007). *Análisis y Evaluación Operacional de Intersecciones Urbanas Mediante Microsimulación.* Medellin, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

Thomson, & Bull, A. (2001). *La congestión del tránsito urbano: causas y consecuencias ecnonomicas y sociales.* Santiago de Chile.

Useda, R. C., & Silva, Mercado, D. J. (2003). *Metodología para el Análisis de Intersecciones Semaforizadas.* Universidad Nacional de Nicaragua.

Valdivieso, T. C., Valdivieso, R., & Valdivieso, O. (2011). *Determinación del Tamaño Muestral Mediante el uso de Árboles de Desición.* Bolivia: Universidad Privada Boliviana.

Vargas, A. J. (25 de Octumbre de 2018). *Modelado y Simulación de Sistemas.* Obtenido de https://jrvargas.files.wordpress.com/2010/02/simulacic3b3n_unidad1.pdf

Vico, F., Basagoiti, F., Lobo, D., & García - Platas, R. (2014). *Modelación y Simulación del Tráfico en Vías Urbanas y Periurbanas en Base a la Estimación de Tiempos de Recorrido.* Málaga, España: Universidad de Málaga.

Weinstein, M. C., Bernie, O., John, H., Josep, J., Magnus, J., Chris, M., & Bryan R., L. (2003). *Principles of Good Practice for Decision Analytic Modeling in Health-Care Evaluation.* United States: ISPOR.

Wiedemann, R. (1974). *Microscopic Traffic Simulation the Simulation System Mission.* Alemania: Karlsruhe.

Zheng, J., Suzuki, Koji, & Fujita, M. (30 de Octubre de 2018). *Evaluation of Car-Following Models Using Trajectory Data from Real Traffic*. Obtenido de https://ac.els-cdn.com/S1877042812009901/1-s2.0-S1877042812009901-main.pdf?_tid=6edf408c-81ed-48bf-aff3-7cc1307e01cf&acdnat=1540927931_df35b75feae7d70adbaa8ad5feb4e87f

Zúñiga, A. V. (2010). *Uso de Herramientas de Microsimulación para la Definición de Estrategias de Control de Tránsito para la Ciudad de Santiago.* Santiago de Chile.

# ANEXO

**Anexo 1: Planos**

1) **Plano de ubicación y localización**
2) **Plano de situación actual**
3) **Plano de propuesta de mitigación**

**Anexo 2: Flujogramas Vehiculares y Peatonales**

1) **Flujogramas Vehiculares**
2) **Flujogramas Peatonales**

**Anexo 3: Deficiencias Encontradas en la Situación Actual**

**Anexo 4: Reporte de Vissim 10.0**

**Anexo 5: Ciclos y Fases Semafóricas Propuestas**

**Anexo 6: Sistemas de Semaforización Inteligente**

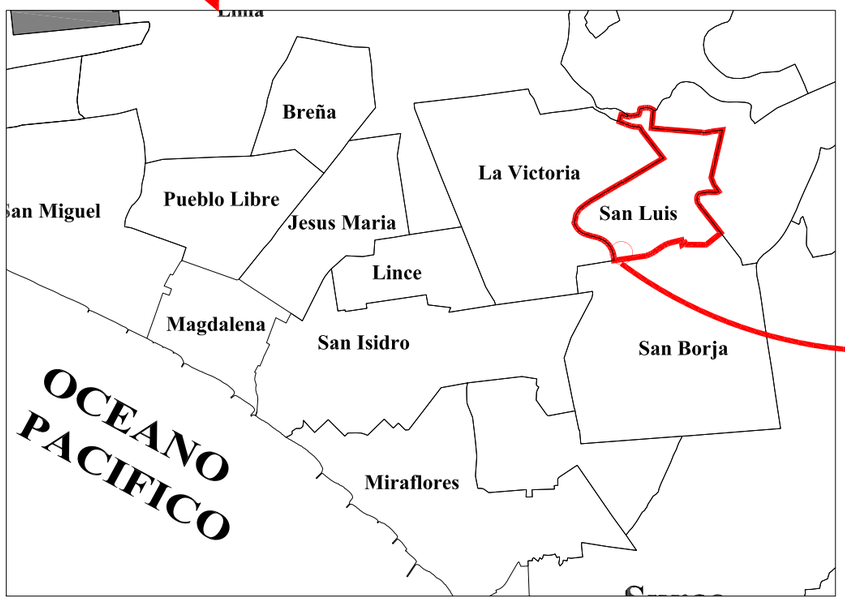
**Anexo 7: Cálculo de Costos y Beneficios**

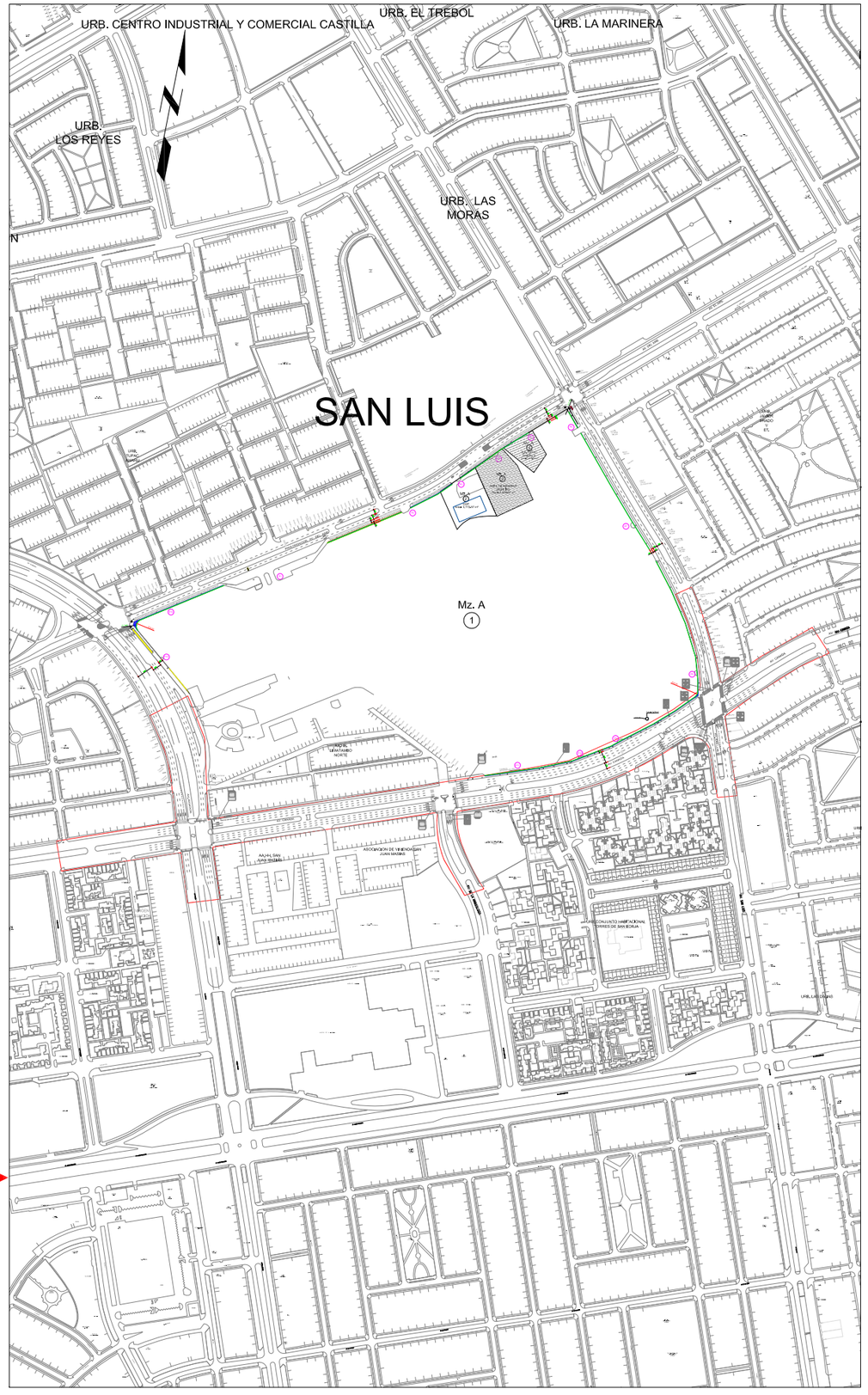
**Anexo 8: Licencia del Software Vissim 10.0**

**Anexo 9: Matriz de Consistencia.**

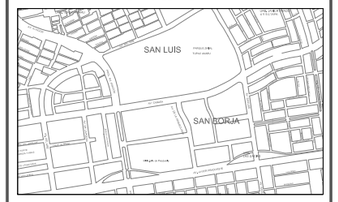
# ANEXO 1

## Planos




PLANO LLAVE




| | |
|---|---|
| ZONIFICACIÓN: | OU |
| AREA DE ESTRUCTURACIÓN URBANA: | III |

| AREA DE ESTRUCTURACIÓN URBANA: | |
|---|---|
| DEPARTAMENTO: | LIMA |
| PROVINCIA: | LIMA |
| DISTRITO: | SAN LUIS Y SAN BORJA |
| URBANIZACIÓN: | TUPAC AMARU |
| NOMBRE DE LAS VÍAS: | - AV. AVIACIÓN<br>- AV. SAN LUIS<br>- AV. CANADÁ<br>- AV. DE LA ARQUEOLOGÍA |
| N° DE INMUEBLE | --- |
| Mz: | --- |
| LOTE: | --- |
| SUB - LOTE: | --- |

| | FECHA | FIRMA |
|---|---|---|
| DIBUJADO POR: | 05-09-2018 | LS |
| DIBUJADO POR: | 20-09-2018 | LS |
| REVISADO POR: | - | ASN |
| APROBADO POR: | - | ASN |
| | | |

APROBADO

UNIVERSIDAD SAN IGNACIO DE LOYOLA

INSTITUCIÓN:
UNIVERSIDAD SAN IGNACIO DE LOYOLA

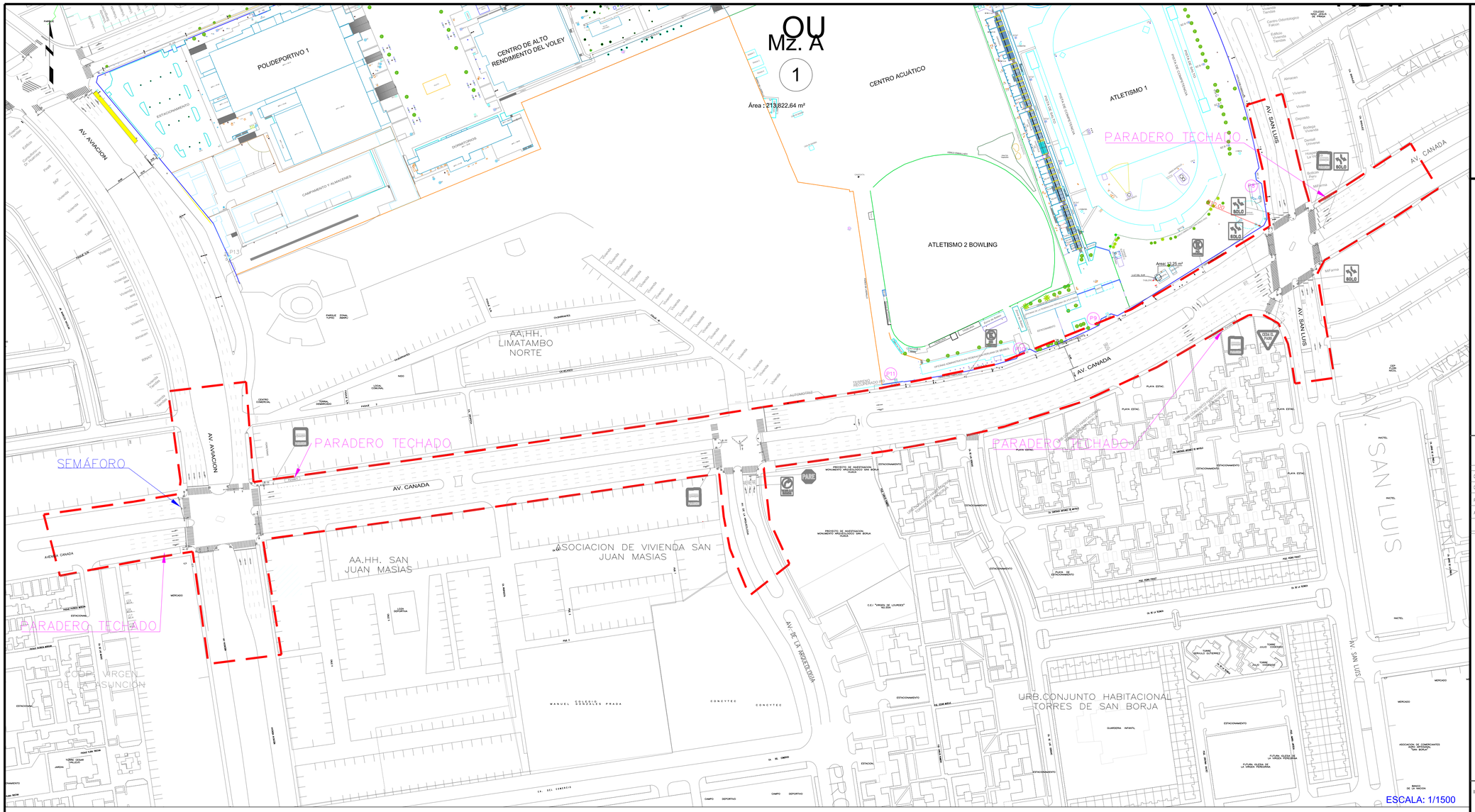
FACULTAD:
FACULTAD DE INGENIERÍA

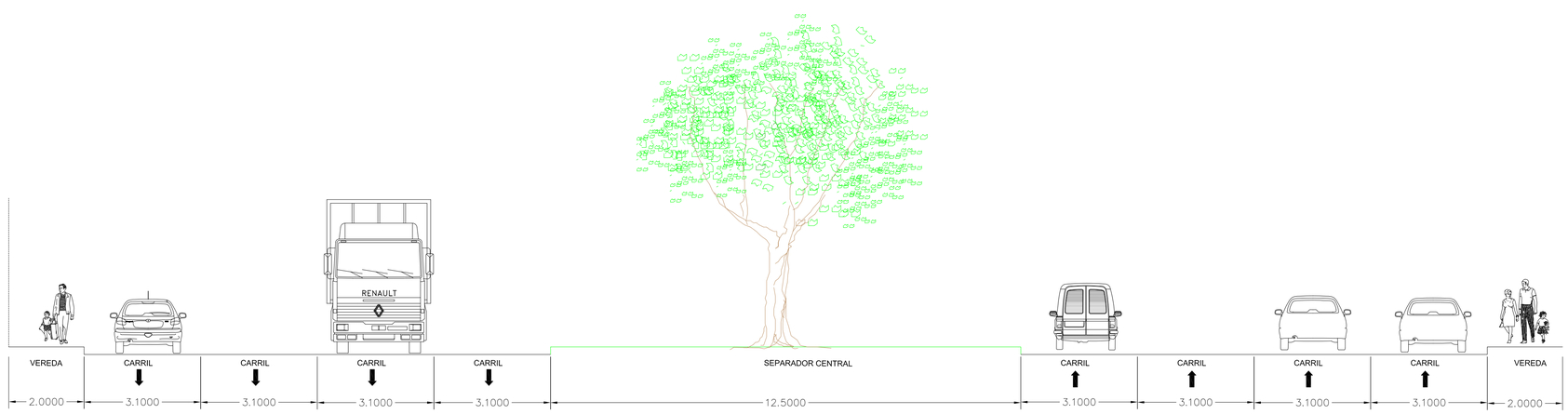
PROYECTO:
TESIS PARA OBTENER GRADO DE INGENIERO CIVIL

TÍTULO:
EVALUACIÓN Y MEJORA DE TRES INTERSECCIONES DE LA AVENIDA CANADA UTILIZANDO HERRAMIENTA DE MICROSIMULACIÓN DE TRÁFICO

NOMBRE DEL PLANO:
PLANO DE LOCALIZACIÓN Y UBICACIÓN

| ESCALA: | FASE | FECHA: |
|---|---|---|
| S/E | 1 | 01/08/18 |
| PLANO N°: 1 | | NUMERO DE REVISION: - |

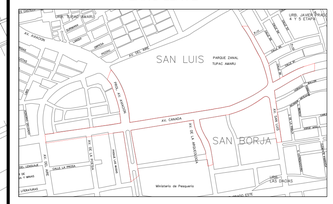



SECCIÓN TÍPICA

ESCALA: 1/75

PLANO LLAVE




NOTAS

- Todos loscruceros peatonales se encuentran deteriorados de manera parcial o total
- Las señales verticales de "paradero" corresponden al manual antiguo

LEYENDA

| | FECHA | FIRMA |
|---|---|---|
| DISEÑADO POR: | 10-09-2018 | LS |
| DIBUJADO POR: | 28-09-2018 | LS |
| REVISADO POR: | - | ASN |
| APROBADO POR: | - | ASN |
| | | |

UNIVERSIDAD SAN IGNACIO DE LOYOLA

INSTITUCIÓN:
UNIVERSIDAD SAN IGNACIO DE LOYOLA

FACULTAD:
FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO:
TESIS PARA OBTENER GRADO DE INGENIERO CIVIL

TITULO:
EVALUACIÓN Y MEJORA DE TRES INTERSECCIONES DE LA AVENIDA CANADA UTILIZANDO HERRAMIENTA DE MICROSIMULACIÓN DE TRÁFICO

NOMBRE DEL PLANO:
PLANO DE LA CONDICIÓN EXISTENTE

| ESCALA: | FASE | FECHA: |
|---|---|---|
| INDICADA | 1 | 11/02/19 |
| PLANO Nº: 2 | | NUMERO DE REVISION: - |

PLANO LLAVE

## NOTAS

-

## LEYENDA

MODIFICACIONES GEOMETRÍCAS

| | FECHA | FIRMA |
|---|---|---|
| DISEÑADO POR: | 26-09-2018 | LS |
| DIBUJADO POR: | 30-09-2018 | LS |
| REVISADO POR: | 22-03-2019 | ASN |
| APROBADO POR: | 22-03-2019 | ASN |
| | | |

**UNIVERSIDAD SAN IGNACIO DE LOYOLA**

INSTITUCIÓN:
UNIVERSIDAD SAN IGNACIO DE LOYOLA

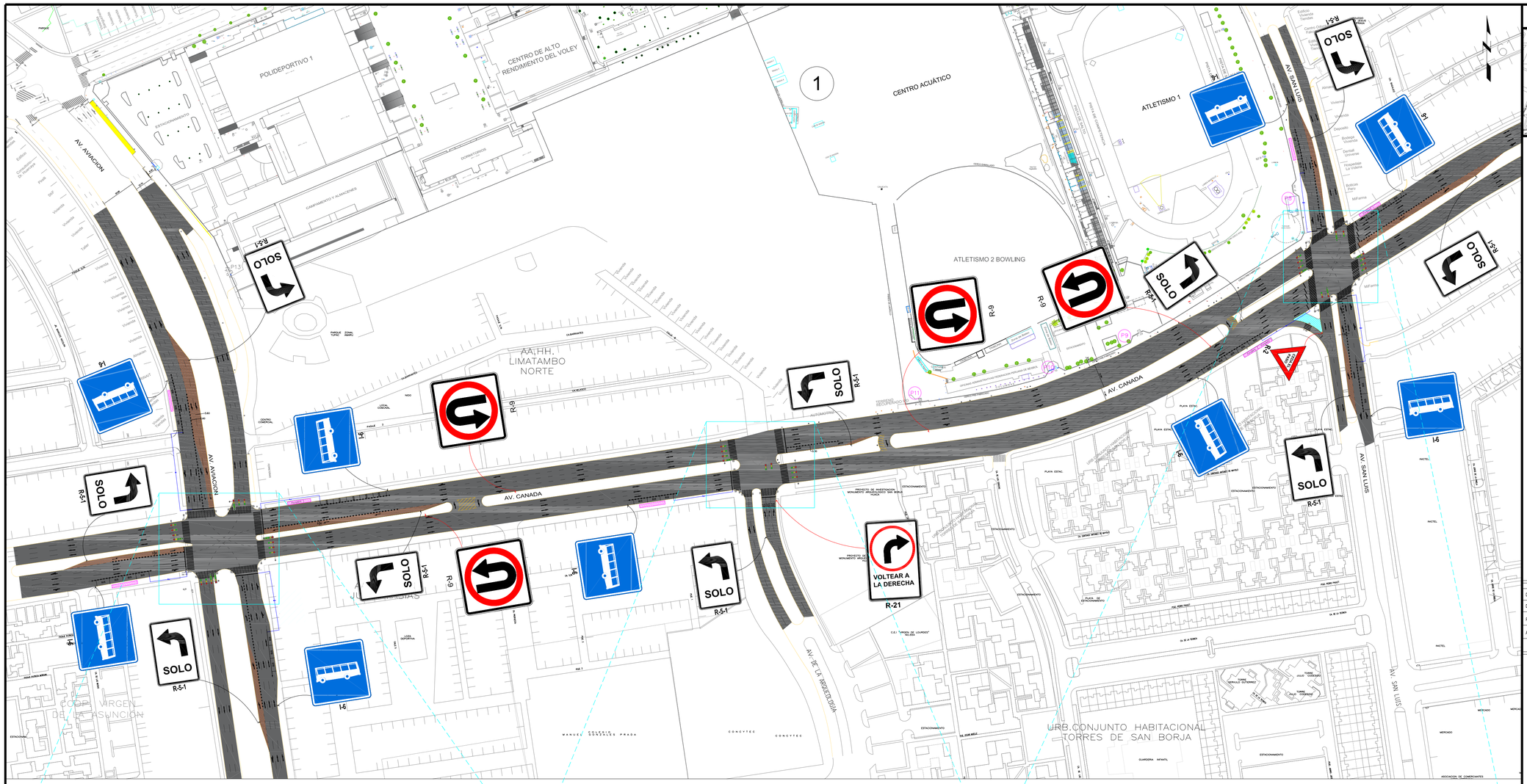
FACULTAD:
FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO:
TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE INGENIERO CIVIL

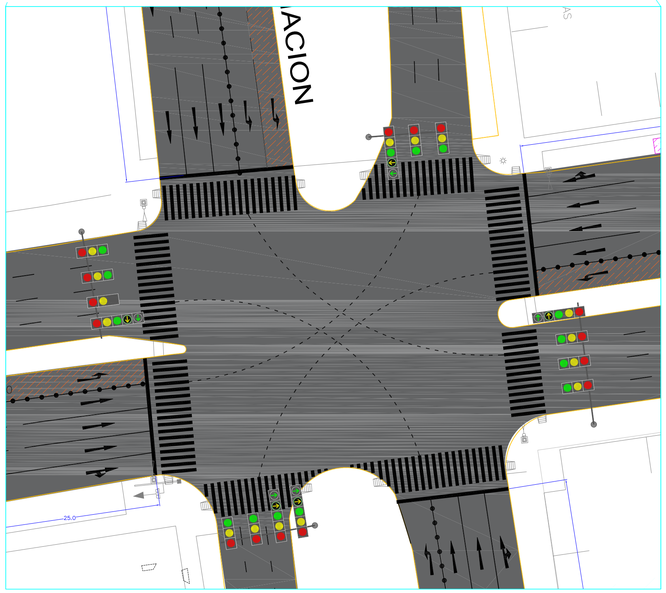
TITULO:
EVALUACIÓN Y MEJORA DE TRES INTERSECCIONES DE LA AVENIDA CANADÁ UTILIZANDO HERRAMIENTA DE MICROSIMULACIÓN DE TRÁFICO

NOMBRE:
PLANO DE MITIGACIÓN (MODIFICACIONES GEOMÉTRICAS)

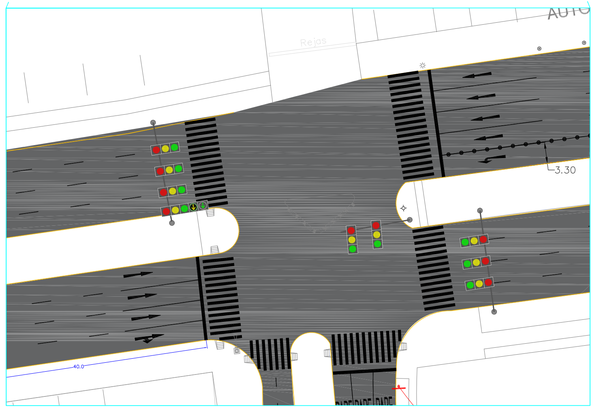
| ESCALA: | FASE | FECHA: |
|---|---|---|
| 1:1500 | 1 | 23/03/19 |
| PLANO Nº: 3 | | NUMERO DE REVISION: - |



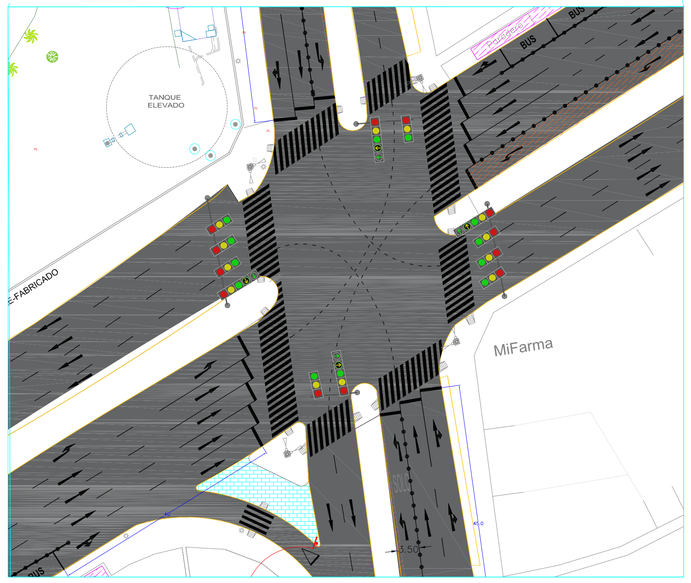

INTERSECCIÓN AV. CANADÁ & AV. AVIACIÓN



INTERSECCIÓN AV. CANADÁ & AV. DE LA ARQUEOLOGÍA



INTERSECCIÓN AV. CANADÁ & AV. SAN LUIS




PLANO LLAVE

## NOTAS

***- Las señales verticales y horizontales deberán ser instaladas de acuerdo al Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras 2016 (MDCTA 2016).***
***- El tamaño y detalle de diseño de cada señal vertical está ubicado en el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras 2016 de acuerdo a la TABLA 1.***
***- El tamaño y detalle de diseño de cada señal horizontal está ubicado en el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras 2016 de acuerdo a la TABLA 2.***

***TABLA 1***

| Código de Señales Verticales | Página del MDCTA 2016 |
|---|---|
| R-2 | 138 |
| R-5 | 140 |
| R-5-1 | 140 |
| R-5-4 | 142 |
| P-33A | 202 |
| I-6 | 228 |
| - | - |
| - | - |
| - | - |

***TABLA 2***

| Marcas Horizontales | Página del MDCTA 2016 |
|---|---|
| Línea Sólida Blanca | 258 |
| Línea Sólida Amarilla | 258 |
| Línea Segmentada Blanca | 260 |
| Línea Segmentada Amarilla | 262 |
| Línea de Parada | 272 |
| Flecha Recta | 302 |
| Flecha de Giro Izquierda o Derecha | 303 |
| Flecha de Giro a la derecha e izquierda | 304 |
| Flecha Recta y de Giro | 305 |
| Flecha de Giro en "U" | 306 |
| Flecha Recta y de Salida | 307 |

***- Todos los giros a la izquierda deberán ser TANGENCIALES. Para lograr esto, deberán pintarse líneas entrecortadas que canalicen los giros a la izquierda como se indica en este plano.***
***- La semaforización deberá contar con 8 fases independientes, para permitir flexibilidad en la programación de giros a la izquierda. Se deberá utilizar el sistema PERMITIDO/PROTEGIDO para todos los giros a la izquierda con carril y semáforo exclusivo. Todos los giros con carril exclusivo deberán contar con semáforos de 5 luces, estas serán 3 circulares convencionales, un ámbar en flecha y una verde en flecha. Ver el MUTCD para mayor detalle.***
***- Todo ingreso deberá contar con el número de cabezales semafóricos igual al número de carriles menos 1, como mínimo. Es decir, un ingreso con 4 carriles deberá contar por seguridad con un mínimo de 3 cabezales semafóricos.***
***- Toda intersección deberá contar con un tiempo de "todo rojo" de 3 segundos como mínimo.***

## LEYENDA

Caseta de Paradero

Delineadores Verticales

| | FECHA | FIRMA |
|---|---|---|
| DISEÑADO POR: | 26-09-2018 | LS |
| DIBUJADO POR: | 30-09-2018 | LS |
| REVISADO POR: | 22-03-2019 | ASN |
| APROBADO POR: | 22-03-2019 | ASN |

UNIVERSIDAD SAN IGNACIO DE LOYOLA

INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD SAN IGNACIO DE LOYOLA

FACULTAD: FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO: TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE INGENIERO CIVIL

TÍTULO: EVALUACIÓN Y MEJORA DE TRES INTERSECCIONES DE LA AVENIDA CANADÁ UTILIZANDO HERRAMIENTA DE MICROSIMULACIÓN DE TRÁFICO

NOMBRE: PLANO DE MITIGACIÓN (SEÑALIZACIÓN)

| ESCALA: | FASE | FECHA: |
|---|---|---|
| 1:1500 | 1 | 25/03/19 |
| PLANO Nº: 4 | | NUMERO DE REVISION: - |

# ANEXO 2

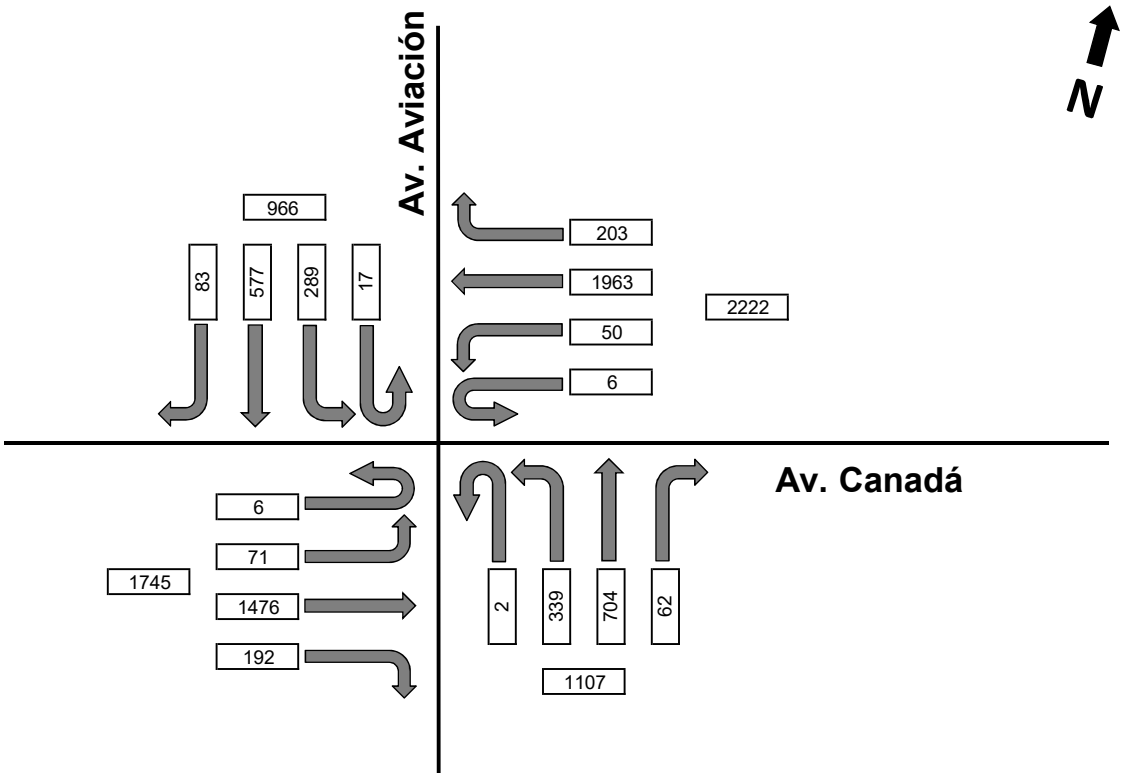
## ANEXO 2.1. Flujogramas Vehiculares

# MIERCOLES 25-04-18

## 1. Av. Canadá & Av. Aviación (AM/PM)

**CONTEO VEHICULAR**
**(HORA PICO)**

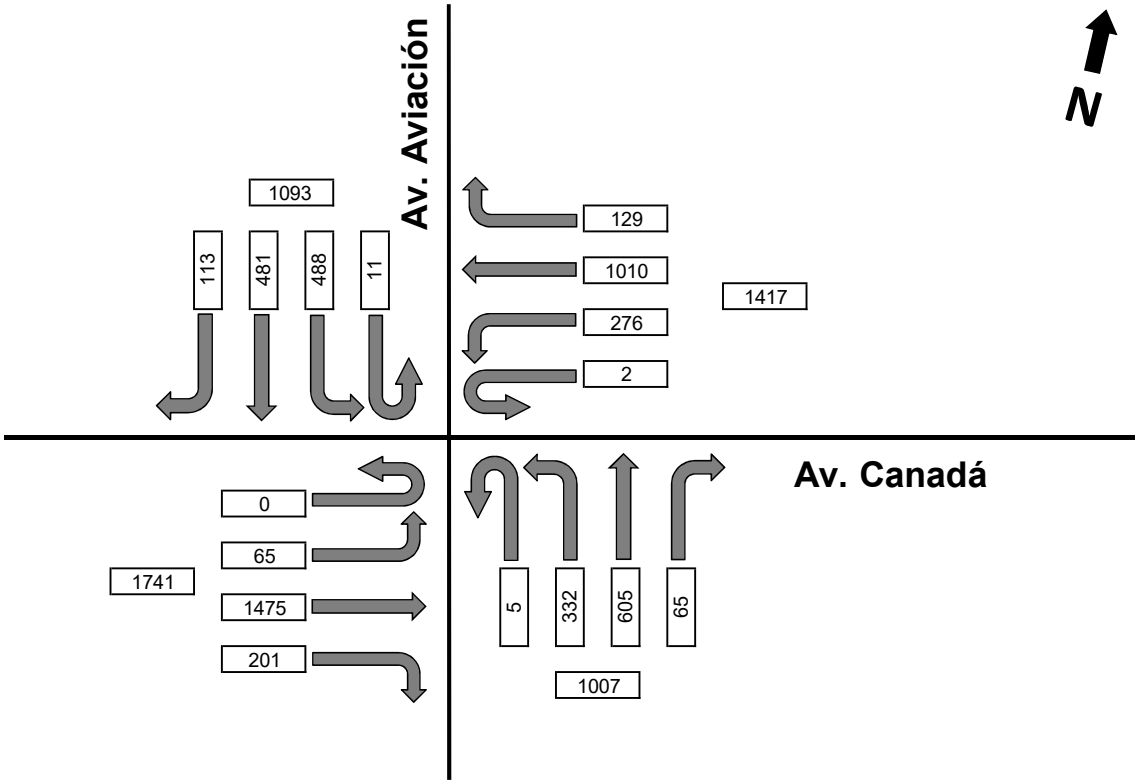
| | |
|---|---|
| **INTERSECCION: Av. Canadá - Av. Aviación** | **DIA: Miercoles** |
| **FECHA: 25/04/18** | **PERIODO: AM** |
| **HORA PICO: 07:30-08:30** | |




| TIPO DE VEHICULO | HACIA EL SUR | | | | HACIA EL NORTE | | | | HACIA EL OESTE | | | | HACIA EL ESTE | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Der. | Fre. | Izq. | U | Der. | Fre. | Izq. | U | Der. | Fre. | Izq. | U | Der. | Fre. | Izq. | U |
| AUTO | 82 | 471 | 249 | 10 | 59 | 642 | 309 | 2 | 173 | 1640 | 49 | 6 | 163 | 1209 | 68 | 6 |
| COMBI TRANSP. PUBLICO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 93 | 0 | 0 | 0 | 68 | 0 | 0 |
| BUS TRANSP. PUBLICO | 0 | 91 | 0 | 0 | 0 | 57 | 28 | 0 | 0 | 159 | 0 | 0 | 27 | 157 | 0 | 0 |
| BUS OTROS | 0 | 0 | 32 | 5 | 2 | 0 | 1 | 0 | 16 | 15 | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 |
| CAMION | 1 | 15 | 6 | 2 | 1 | 5 | 1 | 0 | 8 | 52 | 1 | 0 | 2 | 24 | 3 | 0 |
| TRAILER | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 4 | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 |
| TOTAL | 83 | 577 | 289 | 17 | 62 | 704 | 339 | 2 | 203 | 1963 | 50 | 6 | 192 | 1476 | 71 | 6 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % Vehiculo Pesado | 1% | 18% | 14% | 41% | 5% | 9% | 9% | 0% | 15% | 12% | 2% | 0% | 15% | 13% | 4% | 0% |
| Factor Hora Pico | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 0.99 |

**CONTEO VEHICULAR**
**(HORA PICO)**

| | |
|---|---|
| **INTERSECCION: Av. Canadá - Av. Aviación** | **DIA: Miercoles** |
| **FECHA: 25/04/18** | **PERIODO: PM** |
| **HORA PICO: 17:45-18:45** | |

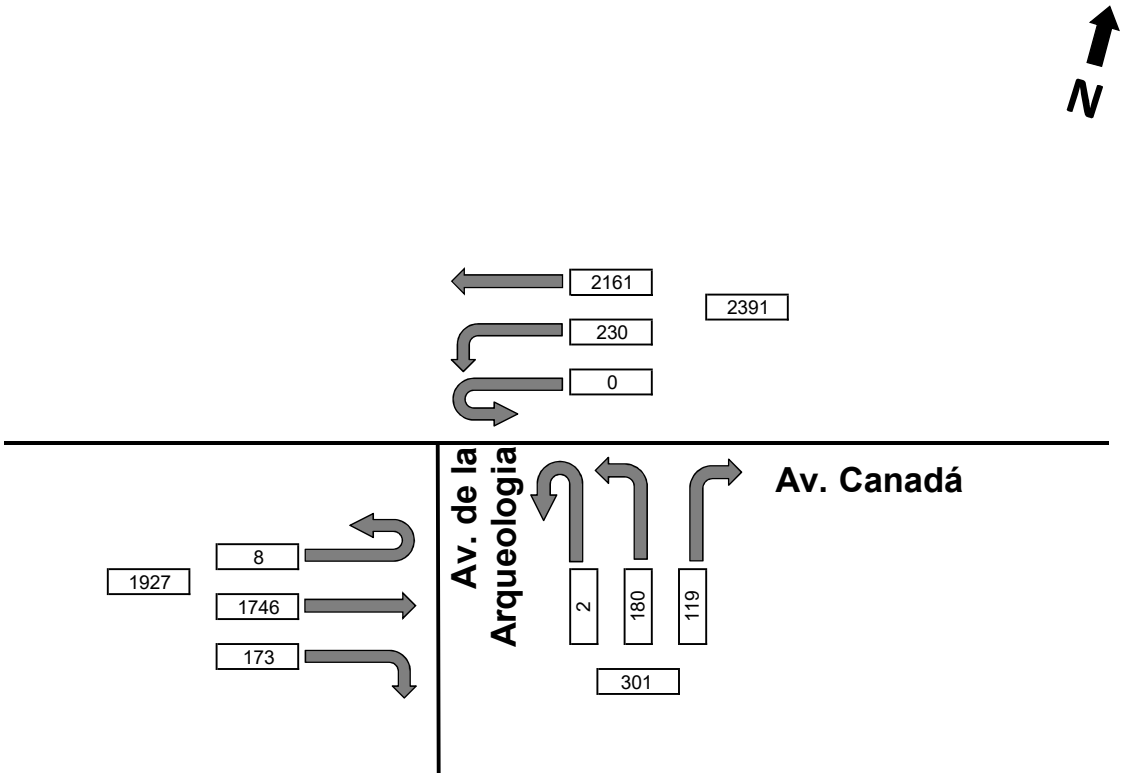



| TIPO DE VEHICULO | HACIA EL SUR | | | | HACIA EL NORTE | | | | HACIA EL OESTE | | | | HACIA EL ESTE | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Der. | Fre. | Izq. | U | Der. | Fre. | Izq. | U | Der. | Fre. | Izq. | U | Der. | Fre. | Izq. | U |
| AUTO | 108 | 427 | 424 | 10 | 65 | 517 | 288 | 5 | 86 | 861 | 267 | 2 | 168 | 1167 | 61 | 0 |
| COMBI TRANSP. PUBLICO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 80 | 0 | 0 | 0 | 41 | 0 | 0 |
| BUS TRANSP. PUBLICO | 0 | 46 | 0 | 0 | 0 | 62 | 36 | 0 | 0 | 49 | 0 | 0 | 28 | 169 | 0 | 0 |
| BUS OTROS | 0 | 0 | 38 | 1 | 0 | 10 | 2 | 0 | 38 | 2 | 1 | 0 | 0 | 17 | 0 | 0 |
| CAMION | 4 | 8 | 23 | 0 | 0 | 12 | 6 | 0 | 5 | 13 | 8 | 0 | 5 | 65 | 4 | 0 |
| TRAILER | 1 | 0 | 3 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 16 | 0 | 0 |
| TOTAL | 113 | 481 | 488 | 11 | 65 | 605 | 332 | 5 | 129 | 1010 | 276 | 2 | 201 | 1475 | 65 | 0 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % Vehiculo Pesado | 4% | 11% | 13% | 9% | 0% | 15% | 13% | 0% | 33% | 7% | 3% | 0% | 16% | 18% | 6% | 0% |
| Factor Hora Pico | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 |

## 2. Av. Canadá & Av. De la Arqueología (AM/PM)

**CONTEO VEHICULAR**
**(HORA PICO)**

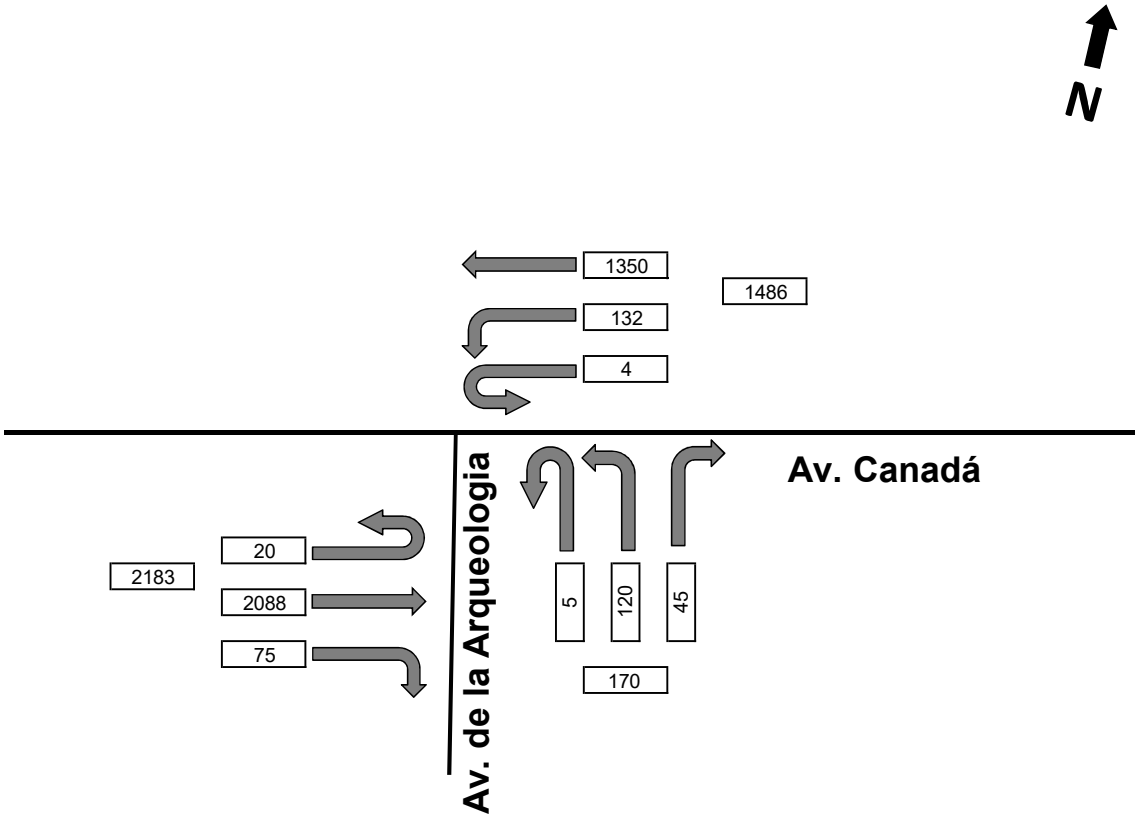
| | |
|---|---|
| **INTERSECCION: Av. Canadá - Av. de la Arqueologia** | **DIA: Miercoles** |
| **FECHA: 25/04/18** | **PERIODO: AM** |
| **HORA PICO: 07:30-08:30** | |




| TIPO DE VEHICULO | HACIA EL SUR | | | | HACIA EL NORTE | | | | HACIA EL OESTE | | | | HACIA EL ESTE | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Der. | Fre. | Izq. | U | Der. | Fre. | Izq. | U | Der. | Fre. | Izq. | U | Der. | Fre. | Izq. | U |
| AUTO | 0 | 0 | 0 | 0 | 118 | 0 | 176 | 1 | 0 | 1863 | 229 | 0 | 171 | 1493 | 0 | 8 |
| COMBI TRANSP. PUBLICO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 82 | 0 | 0 | 0 | 67 | 0 | 0 |
| BUS TRANSP. PUBLICO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 124 | 0 | 0 | 0 | 109 | 0 | 0 |
| BUS OTROS | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 22 | 0 | 0 | 0 | 33 | 0 | 0 |
| CAMION | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 4 | 1 | 0 | 61 | 1 | 0 | 2 | 35 | 0 | 0 |
| TRAILER | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 |
| TOTAL | 0 | 0 | 0 | 0 | 119 | 0 | 180 | 2 | 0 | 2161 | 230 | 0 | 173 | 1746 | 0 | 8 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % Vehiculo Pesado | 0% | 0% | 0% | 0% | 1% | 0% | 2% | 50% | 0% | 10% | 0% | 0% | 1% | 11% | 0% | 0% |
| Factor Hora Pico | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 |

**CONTEO VEHICULAR**
**(HORA PICO)**

| | |
|---|---|
| **INTERSECCION: Av. Canadá - Av. de la Arqueologia** | **DIA: Miercoles** |
| **FECHA: 25/04/18** | **PERIODO: PM** |
| **HORA PICO: 17:45-18:45** | |

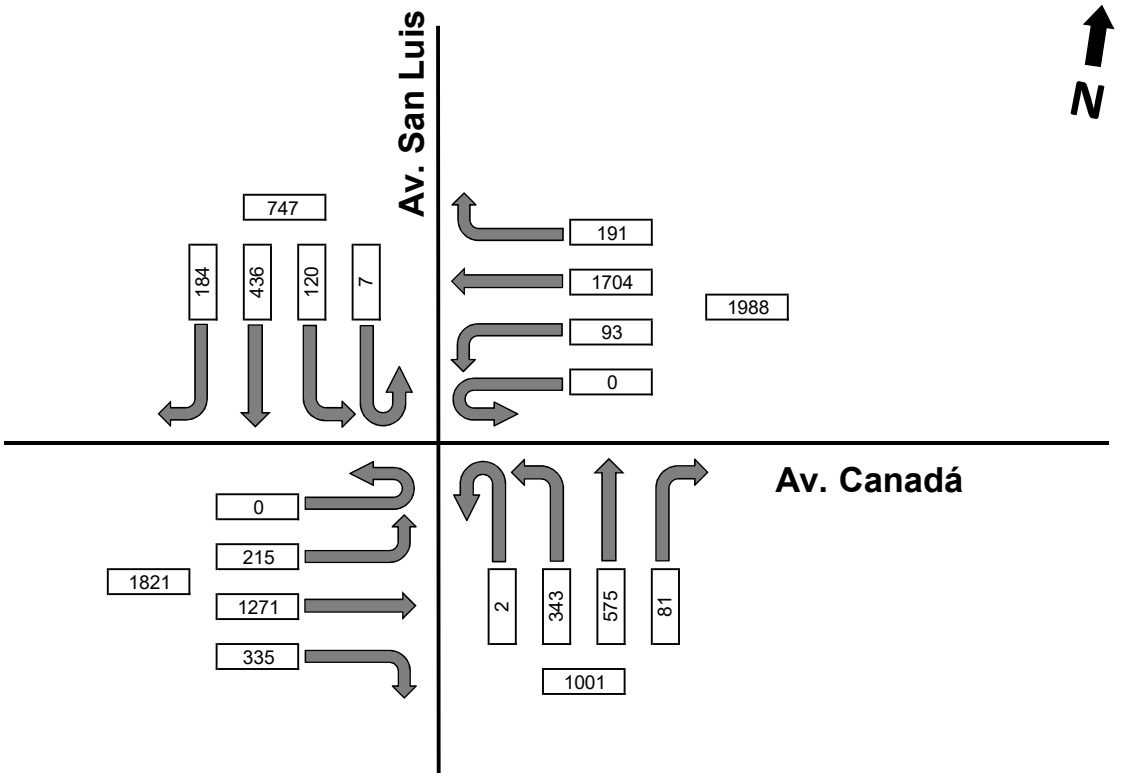



| TIPO DE VEHICULO | HACIA EL SUR | | | | HACIA EL NORTE | | | | HACIA EL OESTE | | | | HACIA EL ESTE | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Der. | Fre. | Izq. | U | Der. | Fre. | Izq. | U | Der. | Fre. | Izq. | U | Der. | Fre. | Izq. | U |
| AUTO | 0 | 0 | 0 | 0 | 44 | 0 | 117 | 5 | 0 | 1091 | 130 | 4 | 74 | 1739 | 0 | 18 |
| COMBI TRANSP. PUBLICO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 54 | 0 | 0 | 0 | 56 | 0 | 0 |
| BUS TRANSP. PUBLICO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 110 | 0 | 0 | 0 | 149 | 0 | 0 |
| BUS OTROS | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 18 | 1 | 0 | 1 | 38 | 0 | 0 |
| CAMION | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 3 | 0 | 0 | 57 | 1 | 0 | 0 | 93 | 0 | 2 |
| TRAILER | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | 0 | 0 | 13 | 0 | 0 |
| TOTAL | 0 | 0 | 0 | 0 | 45 | 0 | 120 | 5 | 0 | 1350 | 132 | 4 | 75 | 2088 | 0 | 20 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % Vehiculo Pesado | 0% | 0% | 0% | 0% | 2% | 0% | 3% | 0% | 0% | 15% | 2% | 0% | 1% | 14% | 0% | 10% |
| Factor Hora Pico | 0.93 | 0.93 | 0.93 | 0.93 | 0.93 | 0.93 | 0.93 | 0.93 | 0.93 | 0.93 | 0.93 | 0.93 | 0.93 | 0.93 | 0.93 | 0.93 |

## 3. Av. Canadá & Av. San Luis (AM/PM)

**CONTEO VEHICULAR**
**(HORA PICO)**

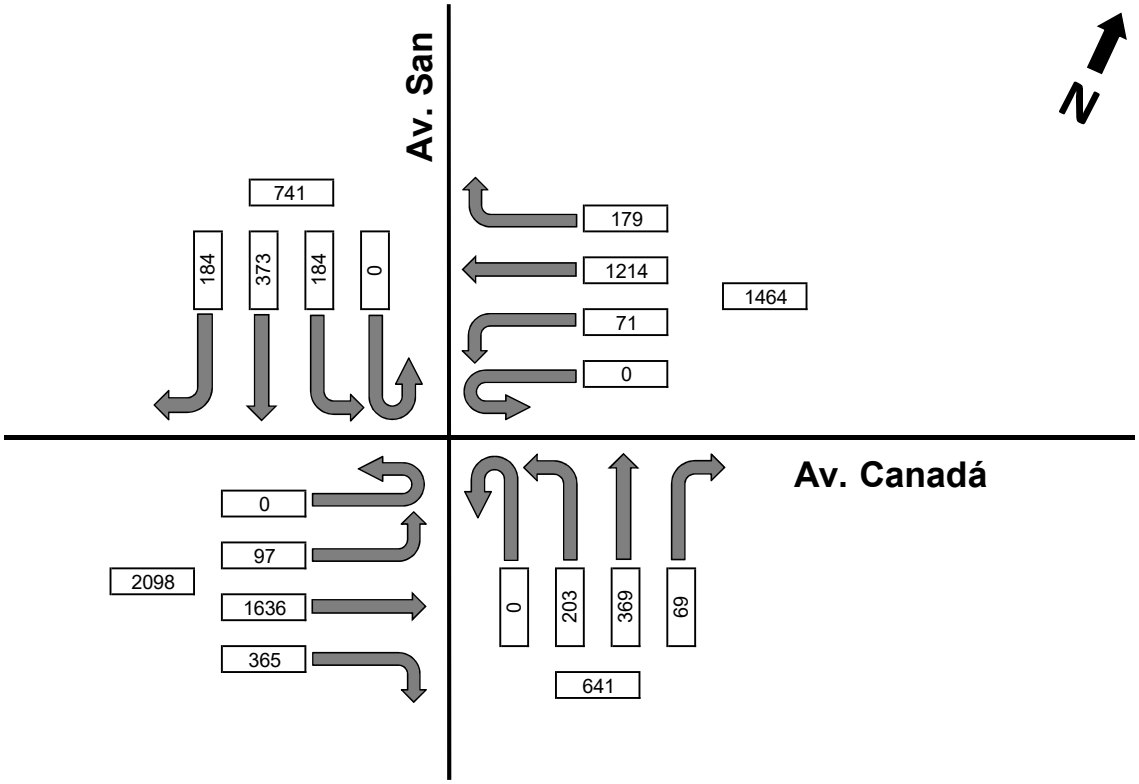
| | |
|---|---|
| **INTERSECCION: Av. San Luis - Av. Canadá** | **DIA: Miercoles** |
| **FECHA: 25/04/18** | **PERIODO: AM** |
| **HORA PICO: 07:30-08:30** | |




| TIPO DE VEHICULO | HACIA EL SUR | | | | HACIA EL NORTE | | | | HACIA EL OESTE | | | | HACIA EL ESTE | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Der. | Fre. | Izq. | U | Der. | Fre. | Izq. | U | Der. | Fre. | Izq. | U | Der. | Fre. | Izq. | U |
| AUTO | 177 | 405 | 106 | 7 | 78 | 555 | 308 | 2 | 179 | 1440 | 89 | 0 | 313 | 1034 | 211 | 0 |
| COMBI TRANSP. PUBLICO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 | 74 | 0 | 0 |
| BUS TRANSP. PUBLICO | 0 | 14 | 8 | 0 | 0 | 14 | 32 | 0 | 6 | 105 | 0 | 0 | 19 | 98 | 0 | 0 |
| BUS OTROS | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 29 | 0 | 0 | 0 | 31 | 0 | 0 |
| CAMION | 5 | 17 | 4 | 0 | 2 | 6 | 3 | 0 | 5 | 64 | 4 | 0 | 3 | 25 | 4 | 0 |
| TRAILER | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 16 | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 |
| TOTAL | 184 | 436 | 120 | 7 | 81 | 575 | 343 | 2 | 191 | 1704 | 93 | 0 | 335 | 1271 | 215 | 0 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % Vehiculo Pesado | 4% | 7% | 12% | 0% | 4% | 3% | 10% | 0% | 6% | 13% | 4% | 0% | 7% | 13% | 2% | 0% |
| Factor Hora Pico | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 |

**CONTEO VEHICULAR**
**(HORA PICO)**

| | |
|---|---|
| **INTERSECCION: Av. San Luis - Av. Canadá** | **DIA: Miercoles** |
| **FECHA: 25/04/18** | **PERIODO: PM** |
| **HORA PICO: 17:45-18:45** | |



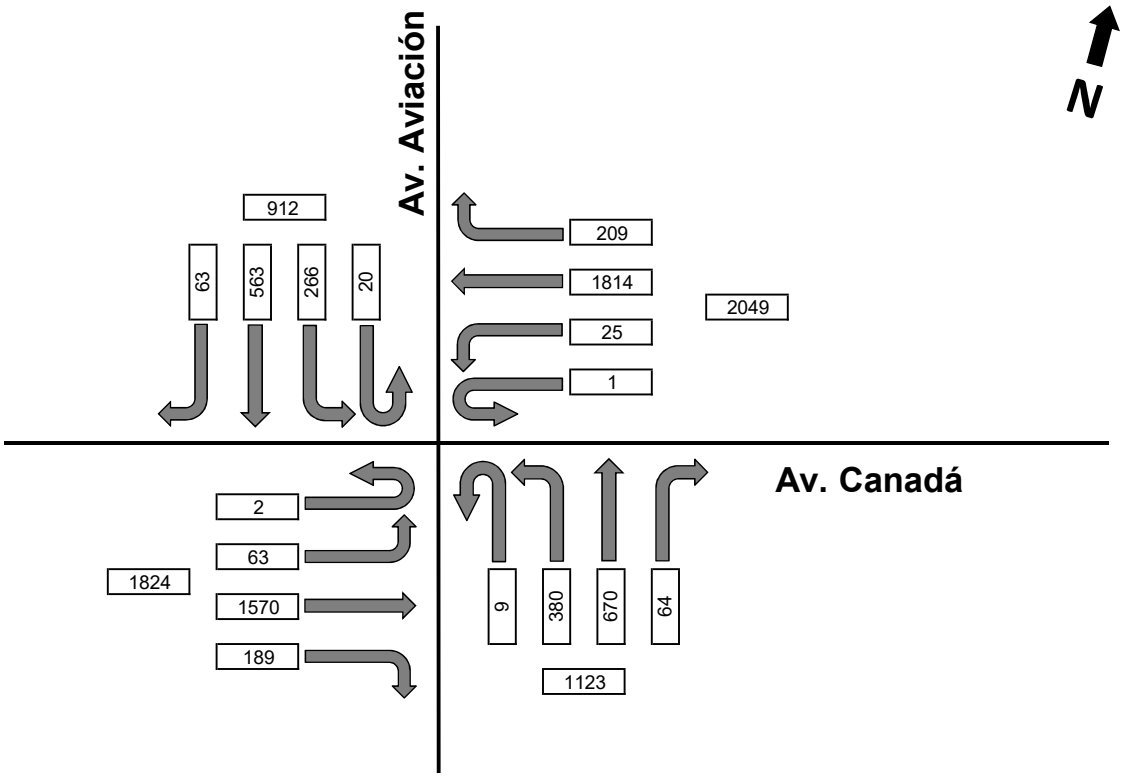

| TIPO DE VEHICULO | HACIA EL SUR | | | | HACIA EL NORTE | | | | HACIA EL OESTE | | | | HACIA EL ESTE | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Der. | Fre. | Izq. | U | Der. | Fre. | Izq. | U | Der. | Fre. | Izq. | U | Der. | Fre. | Izq. | U |
| AUTO | 179 | 353 | 167 | 0 | 69 | 337 | 177 | 0 | 163 | 926 | 69 | 0 | 334 | 1292 | 92 | 0 |
| COMBI TRANSP. PUBLICO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 68 | 0 | 0 | 0 | 71 | 0 | 0 |
| BUS TRANSP. PUBLICO | 0 | 9 | 4 | 0 | 0 | 16 | 18 | 0 | 8 | 133 | 0 | 0 | 18 | 140 | 0 | 0 |
| BUS OTROS | 1 | 4 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 26 | 0 | 0 | 1 | 53 | 0 | 0 |
| CAMION | 4 | 7 | 12 | 0 | 0 | 15 | 7 | 0 | 7 | 56 | 2 | 0 | 12 | 64 | 5 | 0 |
| TRAILER | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 16 | 0 | 0 |
| TOTAL | 184 | 373 | 184 | 0 | 69 | 369 | 203 | 0 | 179 | 1214 | 71 | 0 | 365 | 1636 | 97 | 0 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % Vehiculo Pesado | 3% | 5% | 9% | 0% | 0% | 9% | 13% | 0% | 9% | 18% | 3% | 0% | 8% | 17% | 5% | 0% |
| Factor Hora Pico | 0.93 | 0.93 | 0.93 | 0.93 | 0.93 | 0.93 | 0.93 | 0.93 | 0.93 | 0.93 | 0.93 | 0.93 | 0.93 | 0.93 | 0.93 | 0.93 |

**JUEVES 26-04-18**

## 1. Av. Canadá & Av. Aviación (AM/PM)

**CONTEO VEHICULAR**
**(HORA PICO)**

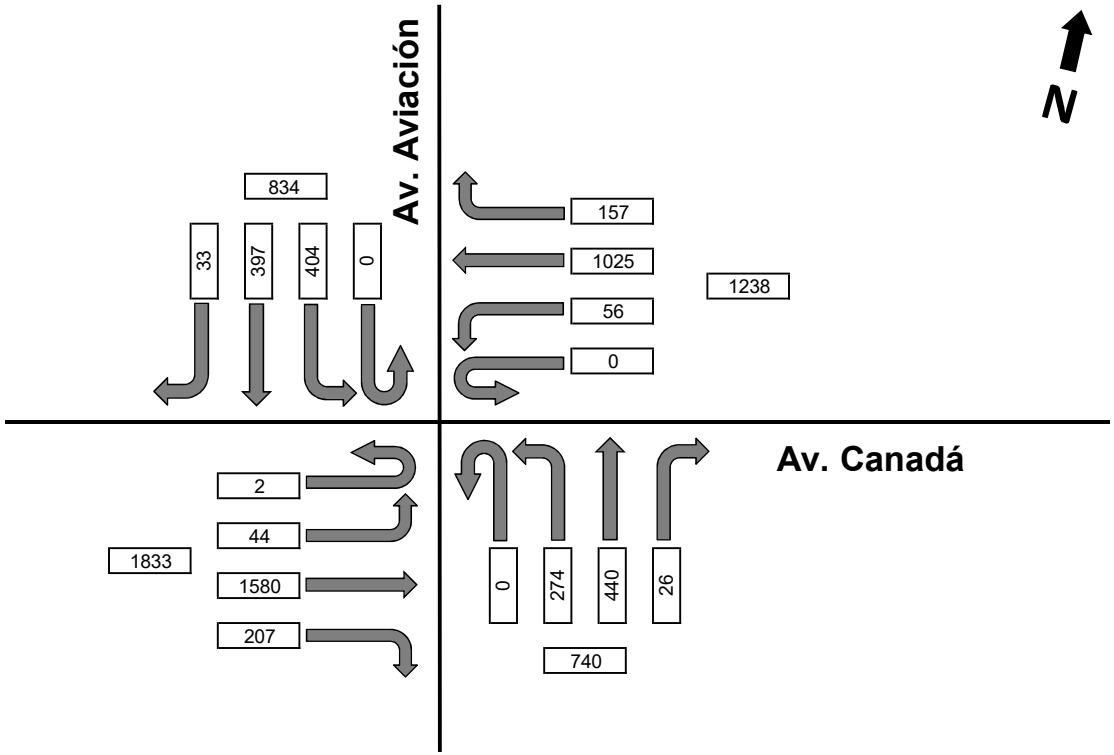
| | |
|---|---|
| **INTERSECCION: Av. Canadá - Av. Aviación** | **DIA: Jueves** |
| **FECHA: 26/04/18** | **PERIODO: AM** |
| **HORA PICO: 07:30-08:30** | |




| TIPO DE VEHICULO | HACIA EL SUR | | | | HACIA EL NORTE | | | | HACIA EL OESTE | | | | HACIA EL ESTE | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Der. | Fre. | Izq. | U | Der. | Fre. | Izq. | U | Der. | Fre. | Izq. | U | Der. | Fre. | Izq. | U |
| AUTO | 60 | 452 | 229 | 15 | 63 | 617 | 353 | 9 | 176 | 1563 | 24 | 1 | 163 | 1352 | 62 | 2 |
| COMBI TRANSP. PUBLICO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 77 | 0 | 0 | 0 | 78 | 0 | 0 |
| BUS TRANSP. PUBLICO | 0 | 89 | 0 | 0 | 0 | 42 | 25 | 0 | 0 | 107 | 0 | 0 | 25 | 93 | 0 | 0 |
| BUS OTROS | 0 | 0 | 31 | 4 | 0 | 1 | 1 | 0 | 15 | 17 | 0 | 0 | 0 | 15 | 0 | 0 |
| CAMION | 3 | 17 | 5 | 1 | 1 | 10 | 1 | 0 | 14 | 39 | 1 | 0 | 1 | 30 | 1 | 0 |
| TRAILER | 0 | 5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 11 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| TOTAL | 63 | 563 | 266 | 20 | 64 | 670 | 380 | 9 | 209 | 1814 | 25 | 1 | 189 | 1570 | 63 | 2 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % Vehiculo Pesado | 5% | 20% | 14% | 25% | 2% | 8% | 7% | 0% | 16% | 10% | 4% | 0% | 14% | 9% | 2% | 0% |
| Factor Hora Pico | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 |

**CONTEO VEHICULAR**
**(HORA PICO)**

| | |
|---|---|
| **INTERSECCION: Av. Canadá - Av. Aviación** | **DIA: Jueves** |
| **FECHA: 26/04/18** | **PERIODO: PM** |
| **HORA PICO: 17:45-18:45** | |

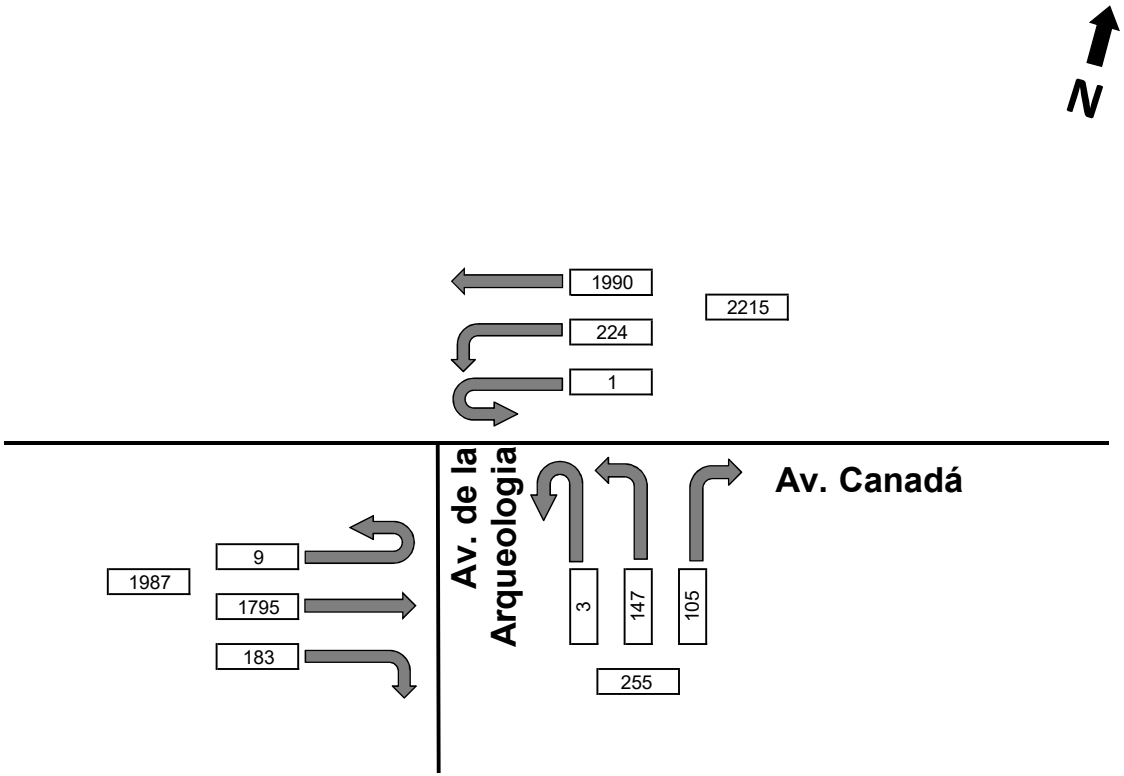



| TIPO DE VEHICULO | HACIA EL SUR | | | | HACIA EL NORTE | | | | HACIA EL OESTE | | | | HACIA EL ESTE | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Der. | Fre. | Izq. | U | Der. | Fre. | Izq. | U | Der. | Fre. | Izq. | U | Der. | Fre. | Izq. | U |
| AUTO | 32 | 351 | 350 | 0 | 22 | 381 | 232 | 0 | 132 | 819 | 55 | 0 | 177 | 1342 | 39 | 2 |
| COMBI TRANSP. PUBLICO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 31 | 0 | 0 | 0 | 46 | 0 | 0 |
| BUS TRANSP. PUBLICO | 0 | 42 | 0 | 0 | 0 | 47 | 35 | 0 | 0 | 104 | 0 | 0 | 26 | 103 | 0 | 0 |
| BUS OTROS | 0 | 1 | 26 | 0 | 2 | 1 | 1 | 0 | 10 | 10 | 0 | 0 | 1 | 16 | 0 | 0 |
| CAMION | 1 | 3 | 28 | 0 | 2 | 11 | 6 | 0 | 15 | 61 | 1 | 0 | 3 | 58 | 5 | 0 |
| TRAILER | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 | 0 | 0 |
| TOTAL | 33 | 397 | 404 | 0 | 26 | 440 | 274 | 0 | 157 | 1025 | 56 | 0 | 207 | 1580 | 44 | 2 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % Vehiculo Pesado | 3% | 12% | 13% | 0% | 15% | 13% | 15% | 0% | 16% | 17% | 2% | 0% | 14% | 12% | 11% | 0% |
| Factor Hora Pico | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 |

## 2. Av. Canadá & Av. De la Arqueología (AM/PM)

**CONTEO VEHICULAR**
**(HORA PICO)**

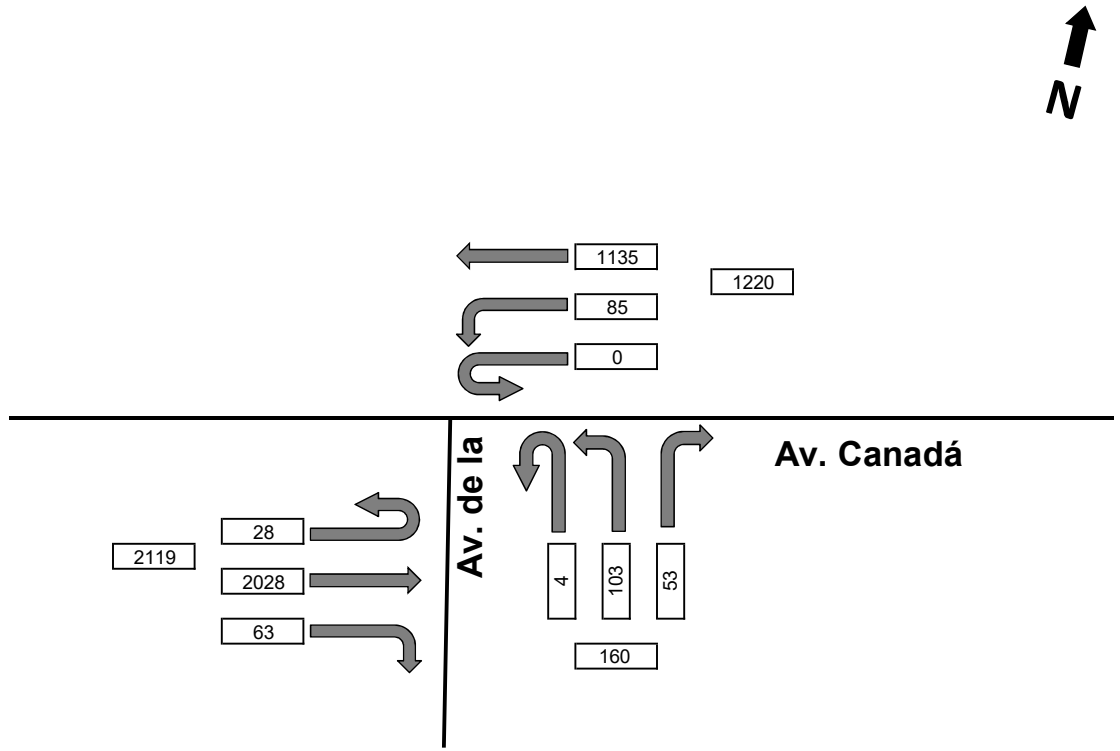
| | |
|---|---|
| **INTERSECCION: Av. Canadá - Av. de la Arqueologia** | **DIA: Jueves** |
| **FECHA: 26/04/18** | **PERIODO: AM** |
| **HORA PICO: 07:30-08:30** | |




| TIPO DE VEHICULO | HACIA EL SUR | | | | HACIA EL NORTE | | | | HACIA EL OESTE | | | | HACIA EL ESTE | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Der. | Fre. | Izq. | U | Der. | Fre. | Izq. | U | Der. | Fre. | Izq. | U | Der. | Fre. | Izq. | U |
| AUTO | 0 | 0 | 0 | 0 | 103 | 0 | 146 | 3 | 0 | 1691 | 222 | 1 | 182 | 1578 | 0 | 9 |
| COMBI TRANSP. PUBLICO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 74 | 0 | 0 | 0 | 48 | 0 | 0 |
| BUS TRANSP. PUBLICO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 113 | 0 | 0 | 0 | 103 | 0 | 0 |
| BUS OTROS | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 33 | 0 | 0 | 0 | 28 | 0 | 0 |
| CAMION | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 68 | 2 | 0 | 1 | 38 | 0 | 0 |
| TRAILER | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 |
| TOTAL | 0 | 0 | 0 | 0 | 105 | 0 | 147 | 3 | 0 | 1990 | 224 | 1 | 183 | 1795 | 2 | 9 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % Vehiculo Pesado | 0% | 0% | 0% | 0% | 2% | 0% | 1% | 0% | 0% | 11% | 1% | 0% | 1% | 9% | 100% | 0% |
| Factor Hora Pico | 0.98 | 0.98 | 0.98 | 0.98 | 0.98 | 0.98 | 0.98 | 0.98 | 0.98 | 0.98 | 0.98 | 0.98 | 0.98 | 0.98 | 0.98 | 0.98 |

**CONTEO VEHICULAR**
**(HORA PICO)**

| | |
|---|---|
| **INTERSECCION: Av. Canadá - Av. de la Arqueologia** | **DIA: Jueves** |
| **FECHA: 26/04/18** | **PERIODO: PM** |
| **HORA PICO: 17:45-18:45** | |

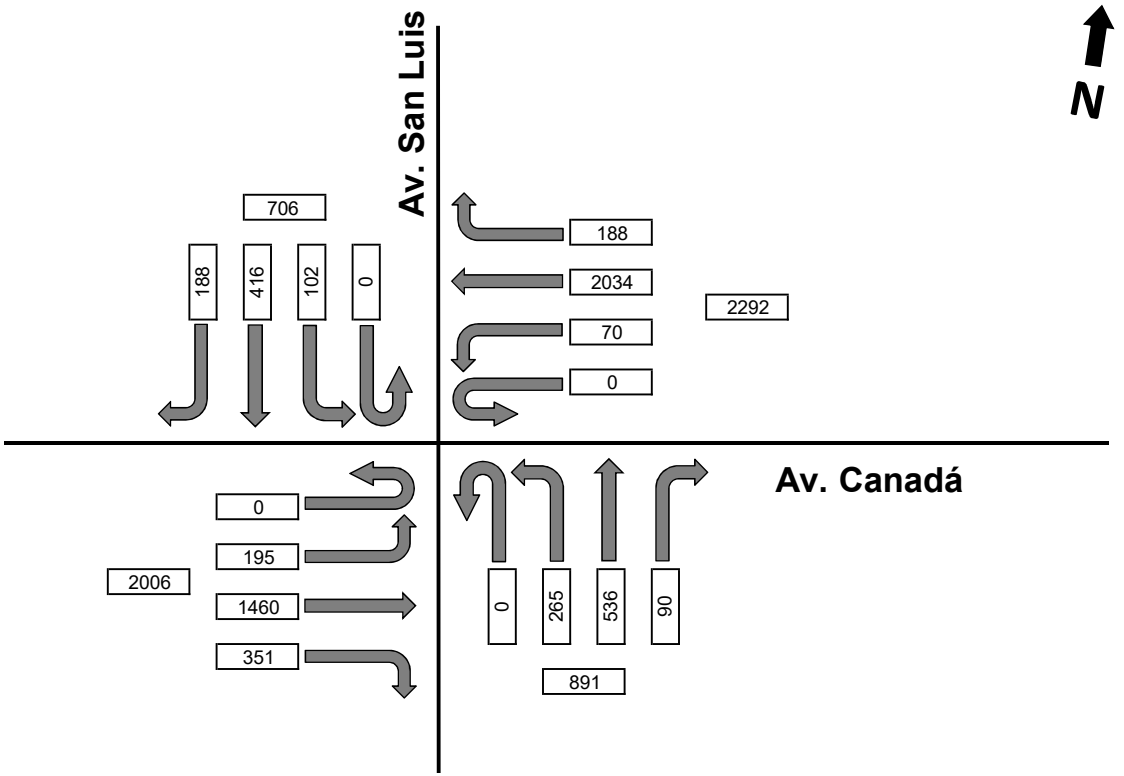



| TIPO DE VEHICULO | HACIA EL SUR | | | | HACIA EL NORTE | | | | HACIA EL OESTE | | | | HACIA EL ESTE | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Der. | Fre. | Izq. | U | Der. | Fre. | Izq. | U | Der. | Fre. | Izq. | U | Der. | Fre. | Izq. | U |
| AUTO | 0 | 0 | 0 | 0 | 52 | 0 | 103 | 4 | 0 | 906 | 85 | 0 | 61 | 1755 | 0 | 28 |
| COMBI TRANSP. PUBLICO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 35 | 0 | 0 | 0 | 42 | 0 | 0 |
| BUS TRANSP. PUBLICO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 88 | 0 | 0 | 0 | 97 | 0 | 0 |
| BUS OTROS | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 33 | 0 | 0 | 0 | 43 | 0 | 0 |
| CAMION | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 67 | 0 | 0 | 2 | 78 | 0 | 0 |
| TRAILER | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 13 | 0 | 0 |
| TOTAL | 0 | 0 | 0 | 0 | 53 | 0 | 103 | 4 | 0 | 1135 | 85 | 0 | 63 | 2028 | 0 | 28 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % Vehiculo Pesado | 0% | 0% | 0% | 0% | 2% | 0% | 0% | 0% | 0% | 17% | 0% | 0% | 3% | 11% | 0% | 0% |
| Factor Hora Pico | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 |

## 3. Av. Canadá & Av. San Luis (AM/PM)

**CONTEO VEHICULAR**
**(HORA PICO)**

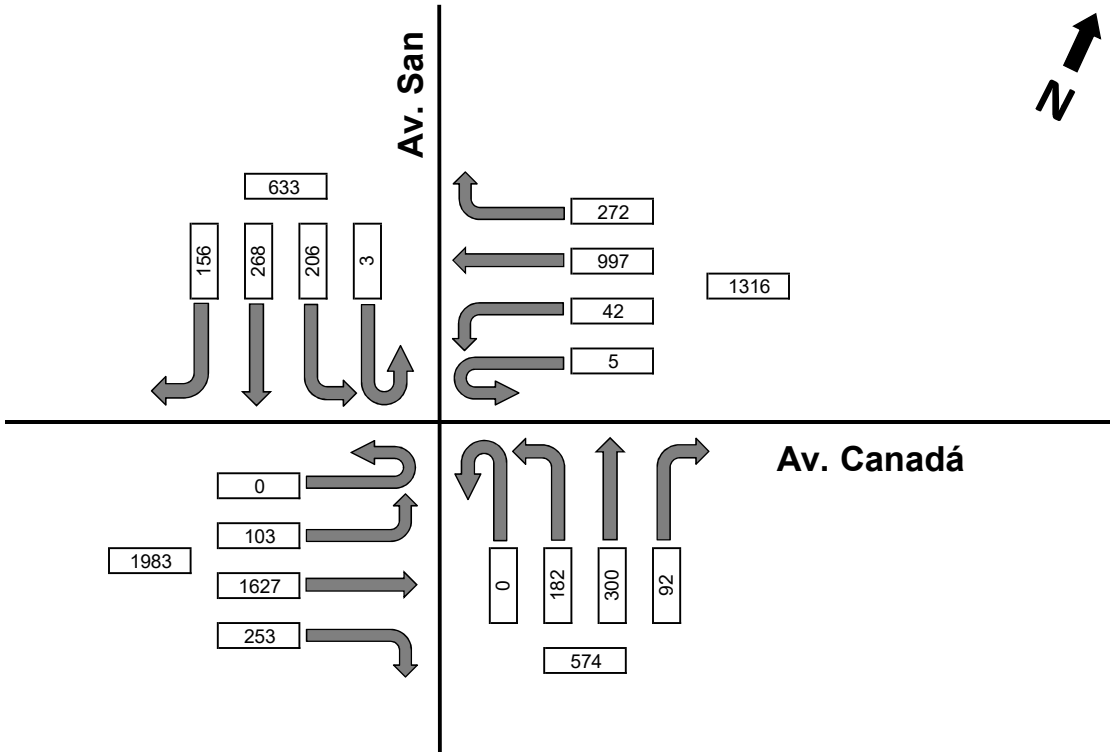
| | |
|---|---|
| **INTERSECCION: Av. San Luis - Av. Canadá** | **DIA: Jueves** |
| **FECHA: 26/04/18** | **PERIODO: AM** |
| **HORA PICO: 07:30-08:30** | |




| TIPO DE VEHICULO | HACIA EL SUR | | | | HACIA EL NORTE | | | | HACIA EL OESTE | | | | HACIA EL ESTE | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Der. | Fre. | Izq. | U | Der. | Fre. | Izq. | U | Der. | Fre. | Izq. | U | Der. | Fre. | Izq. | U |
| AUTO | 177 | 404 | 91 | 0 | 88 | 524 | 248 | 0 | 172 | 1775 | 68 | 0 | 329 | 1230 | 194 | 0 |
| COMBI TRANSP. PUBLICO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 55 | 0 | 0 | 0 | 66 | 0 | 0 |
| BUS TRANSP. PUBLICO | 0 | 5 | 5 | 0 | 0 | 8 | 13 | 0 | 7 | 112 | 0 | 0 | 16 | 109 | 0 | 0 |
| BUS OTROS | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 1 | 29 | 0 | 0 | 0 | 27 | 0 | 0 |
| CAMION | 11 | 7 | 6 | 0 | 2 | 2 | 3 | 0 | 8 | 54 | 2 | 0 | 6 | 26 | 1 | 0 |
| TRAILER | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| TOTAL | 188 | 416 | 102 | 0 | 90 | 536 | 265 | 0 | 188 | 2034 | 70 | 0 | 351 | 1460 | 195 | 0 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % Vehiculo Pesado | 6% | 3% | 11% | 0% | 2% | 2% | 6% | 0% | 9% | 10% | 3% | 0% | 6% | 11% | 1% | 0% |
| Factor Hora Pico | 0.94 | 0.94 | 0.94 | 0.94 | 0.94 | 0.94 | 0.94 | 0.94 | 0.94 | 0.94 | 0.94 | 0.94 | 0.94 | 0.94 | 0.94 | 0.94 |

**CONTEO VEHICULAR**
**(HORA PICO)**

| | |
|---|---|
| **INTERSECCION: Av. San Luis - Av. Canadá** | **DIA: Jueves** |
| **FECHA: 26/04/18** | **PERIODO: PM** |
| **HORA PICO: 17:45-18:45** | |



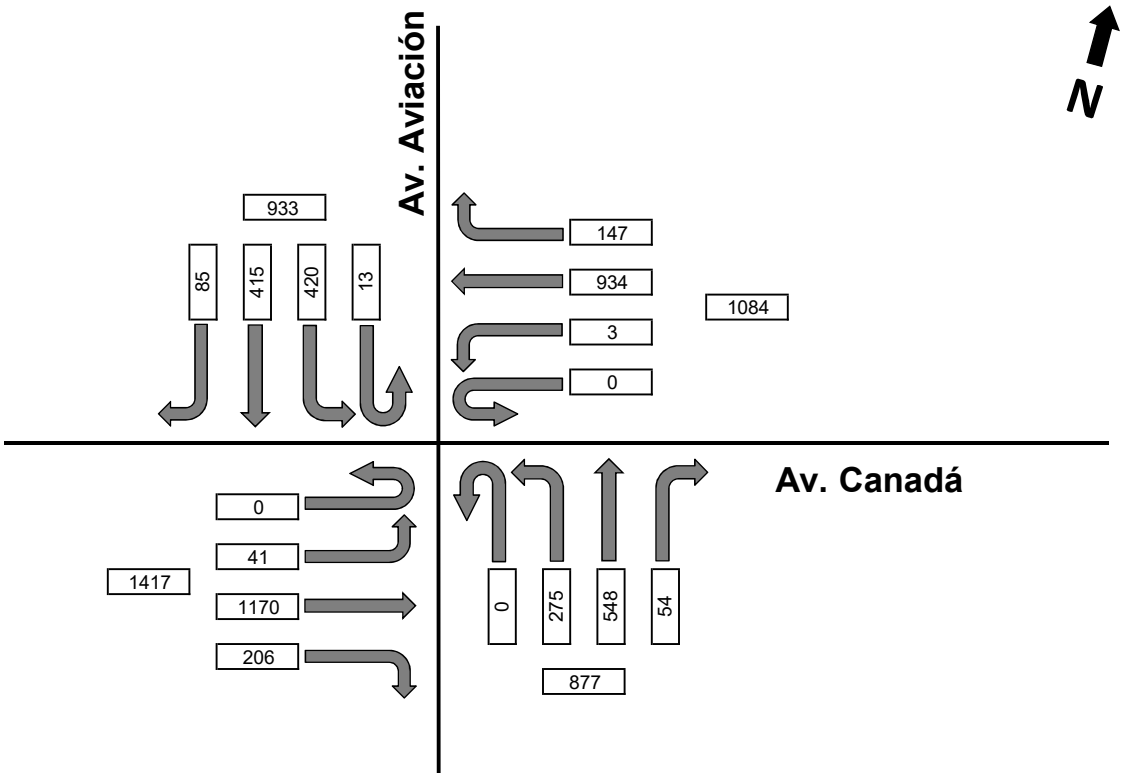

| TIPO DE VEHICULO | HACIA EL SUR | | | | HACIA EL NORTE | | | | HACIA EL OESTE | | | | HACIA EL ESTE | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Der. | Fre. | Izq. | U | Der. | Fre. | Izq. | U | Der. | Fre. | Izq. | U | Der. | Fre. | Izq. | U |
| AUTO | 150 | 251 | 194 | 3 | 87 | 283 | 157 | 0 | 254 | 771 | 41 | 5 | 225 | 1379 | 100 | 0 |
| COMBI TRANSP. PUBLICO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 45 | 0 | 0 | 0 | 41 | 0 | 0 |
| BUS TRANSP. PUBLICO | 0 | 6 | 6 | 0 | 0 | 8 | 17 | 0 | 7 | 92 | 0 | 0 | 14 | 85 | 0 | 0 |
| BUS OTROS | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 21 | 0 | 0 | 0 | 39 | 0 | 0 |
| CAMION | 6 | 9 | 4 | 0 | 4 | 8 | 7 | 0 | 8 | 55 | 1 | 0 | 12 | 66 | 1 | 0 |
| TRAILER | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 3 | 13 | 0 | 0 | 2 | 17 | 2 | 0 |
| TOTAL | 156 | 268 | 206 | 3 | 92 | 300 | 182 | 0 | 272 | 997 | 42 | 5 | 253 | 1627 | 103 | 0 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % Vehiculo Pesado | 4% | 6% | 6% | 0% | 5% | 6% | 14% | 0% | 7% | 18% | 2% | 0% | 11% | 13% | 3% | 0% |
| Factor Hora Pico | 0.91 | 0.91 | 0.91 | 0.91 | 0.91 | 0.91 | 0.91 | 0.91 | 0.91 | 0.91 | 0.91 | 0.91 | 0.91 | 0.91 | 0.91 | 0.91 |

**SABADO 28-04-18**

## 1. Av. Canadá & Av. Aviación (AM/PM)

**CONTEO VEHICULAR**
**(HORA PICO)**

| | |
|---|---|
| **INTERSECCION: Av. Canadá - Av. Aviación** | **DIA: Sábado** |
| **FECHA: 28/04/18** | **PERIODO: MD** |
| **HORA PICO: 13:30-14:30** | |

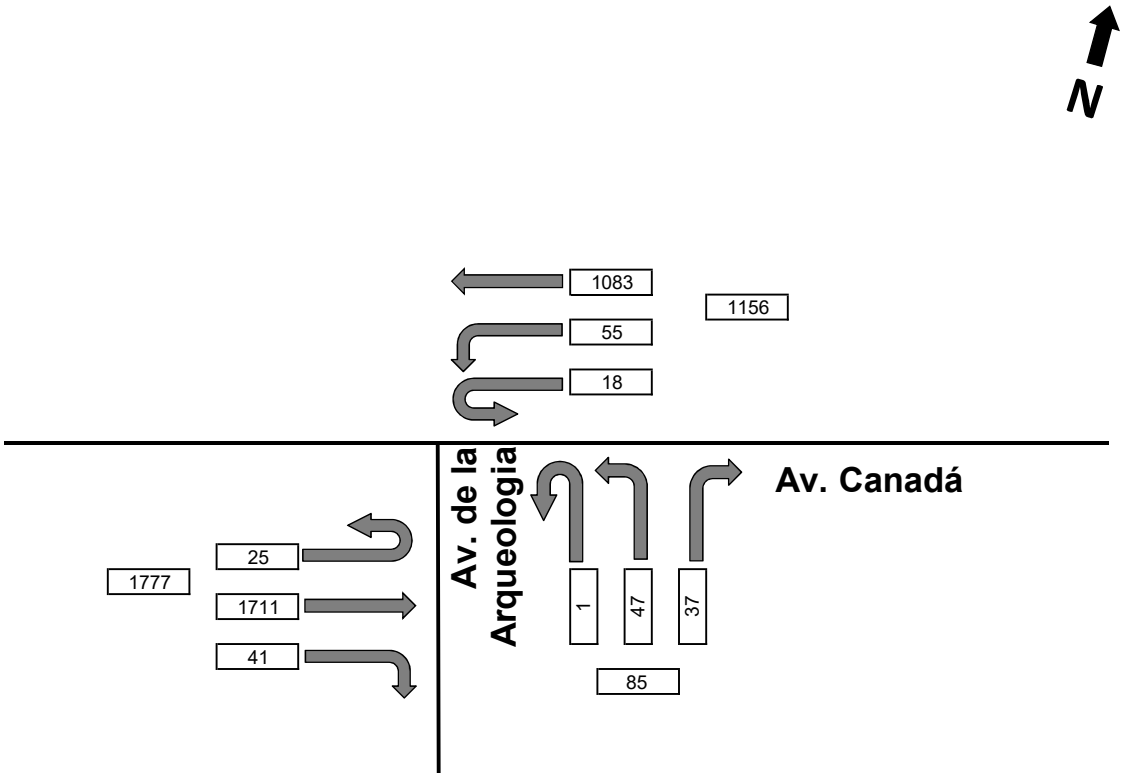



| TIPO DE VEHICULO | HACIA EL SUR | | | | HACIA EL NORTE | | | | HACIA EL OESTE | | | | HACIA EL ESTE | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Der. | Fre. | Izq. | U | Der. | Fre. | Izq. | U | Der. | Fre. | Izq. | U | Der. | Fre. | Izq. | U |
| AUTO | 79 | 356 | 368 | 12 | 53 | 506 | 239 | 0 | 119 | 789 | 3 | 0 | 159 | 979 | 38 | 0 |
| COMBI TRANSP. PUBLICO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 22 | 0 | 0 | 0 | 46 | 0 | 0 |
| BUS TRANSP. PUBLICO | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 | 34 | 23 | 0 | 0 | 59 | 0 | 0 | 43 | 61 | 0 | 0 |
| BUS OTROS | 0 | 0 | 36 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 22 | 7 | 0 | 0 | 4 | 29 | 1 | 0 |
| CAMION | 6 | 9 | 12 | 0 | 1 | 8 | 12 | 0 | 1 | 38 | 0 | 0 | 0 | 40 | 2 | 0 |
| TRAILER | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 5 | 19 | 0 | 0 | 0 | 15 | 0 | 0 |
| TOTAL | 85 | 415 | 420 | 13 | 54 | 548 | 275 | 0 | 147 | 934 | 3 | 0 | 206 | 1170 | 41 | 0 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % Vehiculo Pesado | 7% | 14% | 12% | 8% | 2% | 8% | 13% | 0% | 19% | 13% | 0% | 0% | 23% | 12% | 7% | 0% |
| Factor Hora Pico | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 |

## 2. Av. Canadá & Av. De la Arqueología (AM/PM)

**CONTEO VEHICULAR**
**(HORA PICO)**

| | |
|---|---|
| **INTERSECCION: Av. Canadá - Av. de la Arqueologia** | **DIA: Sábado** |
| **FECHA: 28/04/18** | **PERIODO: MD** |
| **HORA PICO: 13:30-14:30** | |

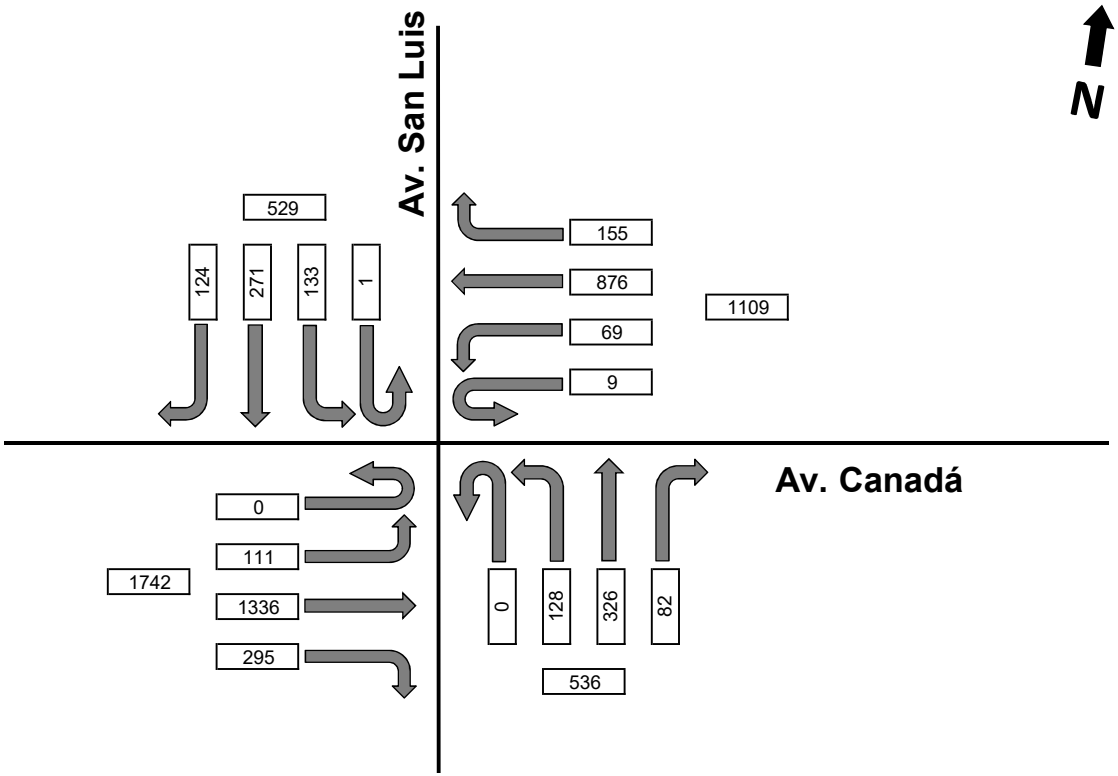



| TIPO DE VEHICULO | HACIA EL SUR | | | | HACIA EL NORTE | | | | HACIA EL OESTE | | | | HACIA EL ESTE | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Der. | Fre. | Izq. | U | Der. | Fre. | Izq. | U | Der. | Fre. | Izq. | U | Der. | Fre. | Izq. | U |
| AUTO | 0 | 0 | 0 | 0 | 35 | 0 | 42 | 1 | 0 | 845 | 52 | 18 | 39 | 1388 | 0 | 25 |
| COMBI TRANSP. PUBLICO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 35 | 0 | 0 | 0 | 32 | 0 | 0 |
| BUS TRANSP. PUBLICO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 102 | 0 | 0 | 0 | 131 | 0 | 0 |
| BUS OTROS | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 29 | 0 | 0 | 0 | 59 | 0 | 0 |
| CAMION | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 5 | 0 | 0 | 65 | 3 | 0 | 2 | 86 | 0 | 0 |
| TRAILER | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 15 | 0 | 0 |
| TOTAL | 0 | 0 | 0 | 0 | 37 | 0 | 47 | 1 | 0 | 1083 | 55 | 18 | 41 | 1711 | 0 | 25 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % Vehiculo Pesado | 0% | 0% | 0% | 0% | 5% | 0% | 11% | 0% | 0% | 19% | 5% | 0% | 5% | 17% | 0% | 0% |
| Factor Hora Pico | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 |

## 3. Av. Canadá & Av. San Luis (AM/PM)

**CONTEO VEHICULAR**
**(HORA PICO)**

| | |
|---|---|
| **INTERSECCION: Av. San Luis - Av. Canadá** | **DIA: Sábado** |
| **FECHA: 28/04/18** | **PERIODO: MD** |
| **HORA PICO: 13:30-14:30** | |




| TIPO DE VEHICULO | HACIA EL SUR | | | | HACIA EL NORTE | | | | HACIA EL OESTE | | | | HACIA EL ESTE | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Der. | Fre. | Izq. | U | Der. | Fre. | Izq. | U | Der. | Fre. | Izq. | U | Der. | Fre. | Izq. | U |
| AUTO | 118 | 255 | 115 | 1 | 75 | 310 | 100 | 0 | 139 | 660 | 66 | 9 | 266 | 1101 | 110 | 0 |
| COMBI TRANSP. PUBLICO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 33 | 0 | 0 | 0 | 21 | 0 | 0 |
| BUS TRANSP. PUBLICO | 0 | 9 | 6 | 0 | 0 | 9 | 17 | 0 | 6 | 86 | 0 | 0 | 11 | 84 | 0 | 0 |
| BUS OTROS | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 0 | 0 | 6 | 47 | 0 | 0 |
| CAMION | 5 | 5 | 9 | 0 | 7 | 7 | 7 | 0 | 8 | 59 | 3 | 0 | 11 | 80 | 1 | 0 |
| TRAILER | 1 | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 2 | 8 | 0 | 0 | 1 | 3 | 0 | 0 |
| TOTAL | 124 | 271 | 133 | 1 | 82 | 326 | 128 | 0 | 155 | 876 | 69 | 9 | 295 | 1336 | 111 | 0 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % Vehiculo Pesado | 5% | 6% | 14% | 0% | 9% | 5% | 22% | 0% | 10% | 21% | 4% | 0% | 10% | 16% | 1% | 0% |
| Factor Hora Pico | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 |

# ANEXO 2.2. Flujogramas Peatonales

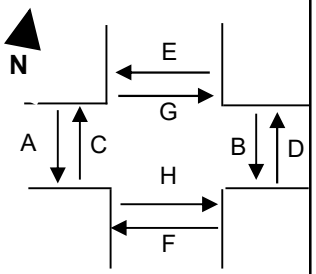
# MIERCOLES 25-04-18

# CONTEO PEATONAL - HOJA RESUMEN

**INTERSECCION: Av. Canadá - Av. Aviación**

**DIA : Miercoles**

**FECHA: 25/04/18**



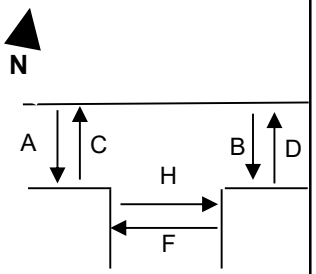

| HORAS DE CONTROL | A | B | C | D | E | F | G | H | **TOTAL X 1/4 HORA** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7:30 - 7:45 | 69 | 63 | 188 | 245 | 138 | 162 | 79 | 61 | 1005 |
| 7:45 - 8:00 | 90 | 65 | 166 | 278 | 173 | 145 | 76 | 77 | 1070 |
| 8:00 - 8:15 | 69 | 60 | 173 | 224 | 155 | 130 | 74 | 87 | 972 |
| 8:15 - 8:30 | 83 | 56 | 161 | 202 | 135 | 108 | 78 | 92 | 915 |
| | | | | | | | | | |
| 17:45 - 18:00 | 84 | 92 | 111 | 121 | 102 | 154 | 98 | 134 | 896 |
| 18:00 - 18:15 | 104 | 81 | 127 | 123 | 132 | 171 | 82 | 152 | 972 |
| 18:15 - 18:30 | 98 | 66 | 105 | 82 | 92 | 181 | 66 | 162 | 852 |
| 18:30 - 18:45 | 92 | 53 | 97 | 68 | 91 | 194 | 64 | 166 | 825 |
| | | | | | | | | | |
| **H.P A.M** | **311** | **244** | **688** | **949** | **601** | **545** | **307** | **317** | **3962** |
| | | | | | | | | | |
| **H.P P.M** | **378** | **292** | **440** | **394** | **417** | **700** | **310** | **614** | **3545** |

# CONTEO PEATONAL - HOJA RESUMEN

**INTERSECCION: Av. Canadá - Av. de la Arqueologia**

**DIA : Miercoles**

**FECHA: 25/04/18**



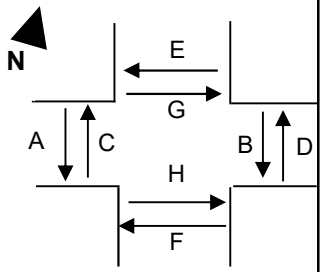

| HORAS DE CONTROL | A | B | C | D | E | F | G | H | TOTAL X 1/4 HORA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7:30 - 7:45 | 47 | 26 | 14 | 10 | 0 | 45 | 0 | 19 | 161 |
| 7:45 - 8:00 | 41 | 35 | 7 | 11 | 0 | 11 | 0 | 15 | 120 |
| 8:00 - 8:15 | 46 | 40 | 6 | 20 | 0 | 16 | 0 | 11 | 139 |
| 8:15 - 8:30 | 20 | 24 | 12 | 16 | 0 | 13 | 0 | 13 | 98 |
| | | | | | | | | | |
| 17:45 - 18:00 | 17 | 6 | 37 | 42 | 0 | 15 | 0 | 22 | 139 |
| 18:00 - 18:15 | 16 | 15 | 21 | 18 | 0 | 20 | 0 | 42 | 132 |
| 18:15 - 18:30 | 12 | 9 | 39 | 11 | 0 | 16 | 0 | 25 | 112 |
| 18:30 - 18:45 | 15 | 12 | 28 | 21 | 0 | 11 | 0 | 25 | 112 |
| | | | | | | | | | |
| **H.P A.M** | **154** | **125** | **39** | **57** | **0** | **85** | **0** | **58** | **518** |
| | | | | | | | | | |
| **H.P P.M** | **60** | **42** | **125** | **92** | **0** | **62** | **0** | **114** | **495** |

# CONTEO PEATONAL - HOJA RESUMEN

**INTERSECCION: Av. San Luis - Av. Canadá**

**DIA : Miercoles**

**FECHA: 25/04/18**




| HORAS DE CONTROL | A | B | C | D | E | F | G | H | **TOTAL X 1/4 HORA** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7:30 - 7:45 | 38 | 93 | 26 | 121 | 29 | 48 | 39 | 50 | 444 |
| 7:45 - 8:00 | 52 | 123 | 32 | 113 | 44 | 67 | 24 | 45 | 500 |
| 8:00 - 8:15 | 62 | 126 | 40 | 78 | 35 | 48 | 21 | 32 | 442 |
| 8:15 - 8:30 | 66 | 132 | 25 | 89 | 37 | 42 | 32 | 48 | 471 |
| | | | | | | | | | |
| 17:45 - 18:00 | 22 | 119 | 27 | 108 | 33 | 72 | 19 | 59 | 459 |
| 18:00 - 18:15 | 43 | 105 | 29 | 131 | 41 | 79 | 33 | 74 | 535 |
| 18:15 - 18:30 | 53 | 102 | 43 | 124 | 39 | 78 | 35 | 71 | 545 |
| 18:30 - 18:45 | 74 | 122 | 65 | 126 | 44 | 58 | 15 | 53 | 557 |
| | | | | | | | | | |
| **H.P A.M** | **218** | **474** | **123** | **401** | **145** | **205** | **116** | **175** | **1857** |
| | | | | | | | | | |
| **H.P P.M** | **192** | **448** | **164** | **489** | **157** | **287** | **102** | **257** | **2096** |

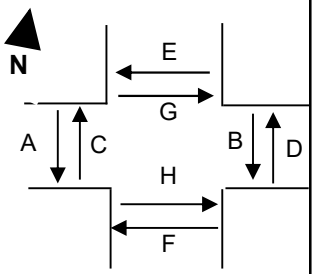
**JUEVES 26-04-18**

# CONTEO PEATONAL - HOJA RESUMEN

**INTERSECCION: Av. Canadá - Av. Aviación**

**DIA : Jueves**

**FECHA: 26/04/18**



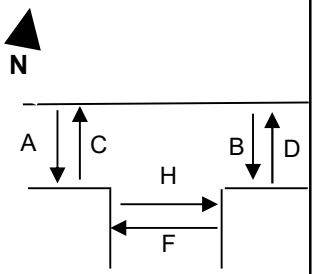

| HORAS DE CONTROL | A | B | C | D | E | F | G | H | **TOTAL X 1/4 HORA** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7:30 - 7:45 | 81 | 123 | 67 | 183 | 168 | 147 | 112 | 63 | 944 |
| 7:45 - 8:00 | 83 | 147 | 62 | 179 | 157 | 152 | 96 | 68 | 944 |
| 8:00 - 8:15 | 72 | 149 | 53 | 178 | 161 | 126 | 69 | 77 | 885 |
| 8:15 - 8:30 | 92 | 162 | 66 | 185 | 129 | 112 | 72 | 79 | 897 |
| | | | | | | | | | |
| 17:45 - 18:00 | 92 | 160 | 79 | 154 | 102 | 121 | 78 | 98 | 884 |
| 18:00 - 18:15 | 109 | 132 | 94 | 146 | 128 | 183 | 95 | 179 | 1066 |
| 18:15 - 18:30 | 119 | 119 | 97 | 108 | 86 | 175 | 62 | 172 | 938 |
| 18:30 - 18:45 | 116 | 103 | 102 | 117 | 114 | 195 | 86 | 143 | 976 |
| | | | | | | | | | |
| **H.P A.M** | **328** | **581** | **248** | **725** | **615** | **537** | **349** | **287** | **3670** |
| | | | | | | | | | |
| **H.P P.M** | **436** | **514** | **372** | **525** | **430** | **674** | **321** | **592** | **3864** |

# CONTEO PEATONAL - HOJA RESUMEN

**INTERSECCION: Av. Canadá - Av. de la Arqueologia**

**DIA : Jueves**

**FECHA: 26/04/18**



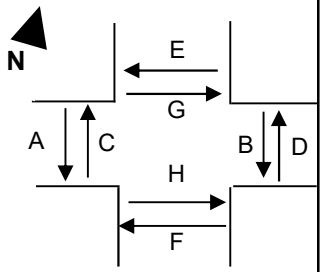

| HORAS DE CONTROL | A | B | C | D | E | F | G | H | TOTAL X 1/4 HORA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7:30 - 7:45 | 49 | 42 | 20 | 12 | 0 | 15 | 0 | 17 | 155 |
| 7:45 - 8:00 | 55 | 40 | 15 | 12 | 0 | 12 | 0 | 23 | 157 |
| 8:00 - 8:15 | 56 | 35 | 12 | 13 | 0 | 20 | 0 | 19 | 155 |
| 8:15 - 8:30 | 38 | 36 | 10 | 11 | 0 | 21 | 0 | 23 | 139 |
| | | | | | | | | | |
| 17:45 - 18:00 | 5 | 13 | 29 | 51 | 0 | 19 | 0 | 16 | 133 |
| 18:00 - 18:15 | 19 | 17 | 24 | 36 | 0 | 10 | 0 | 22 | 128 |
| 18:15 - 18:30 | 14 | 12 | 29 | 33 | 0 | 11 | 0 | 16 | 115 |
| 18:30 - 18:45 | 22 | 12 | 27 | 15 | 0 | 9 | 0 | 13 | 98 |
| | | | | | | | | | |
| **H.P A.M** | **198** | **153** | **57** | **48** | **0** | **68** | **0** | **82** | **606** |
| | | | | | | | | | |
| **H.P P.M** | **60** | **54** | **109** | **135** | **0** | **49** | **0** | **67** | **474** |

# CONTEO PEATONAL - HOJA RESUMEN

**INTERSECCION: Av. San Luis - Av. Canadá**

**DIA : Jueves**

**FECHA: 26/04/18**




| HORAS DE CONTROL | A | B | C | D | E | F | G | H | **TOTAL X 1/4 HORA** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7:30 - 7:45 | 39 | 99 | 43 | 143 | 33 | 60 | 24 | 105 | 546 |
| 7:45 - 8:00 | 36 | 105 | 34 | 90 | 34 | 32 | 31 | 76 | 438 |
| 8:00 - 8:15 | 54 | 107 | 20 | 61 | 36 | 31 | 25 | 42 | 376 |
| 8:15 - 8:30 | 53 | 114 | 38 | 66 | 32 | 46 | 35 | 57 | 441 |
| | | | | | | | | | |
| 17:45 - 18:00 | 43 | 53 | 20 | 82 | 36 | 45 | 24 | 49 | 352 |
| 18:00 - 18:15 | 44 | 105 | 20 | 145 | 41 | 61 | 22 | 41 | 479 |
| 18:15 - 18:30 | 32 | 84 | 33 | 109 | 37 | 66 | 25 | 44 | 430 |
| 18:30 - 18:45 | 41 | 72 | 38 | 118 | 39 | 48 | 36 | 53 | 445 |
| | | | | | | | | | |
| **H.P A.M** | **182** | **425** | **135** | **360** | **135** | **169** | **115** | **280** | **1801** |
| | | | | | | | | | |
| **H.P P.M** | **160** | **314** | **111** | **454** | **153** | **220** | **107** | **187** | **1706** |

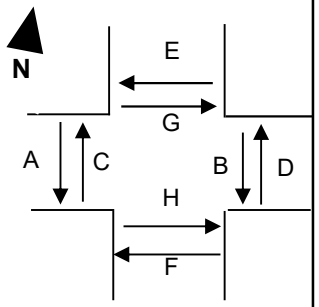
**SABADO 28-04-18**

## CONTEO PEATONAL - HOJA RESUMEN

**INTERSECCION: Av. Canadá - Av. Aviación**

**DIA : Sabado**

**FECHA: 28/04/2(**



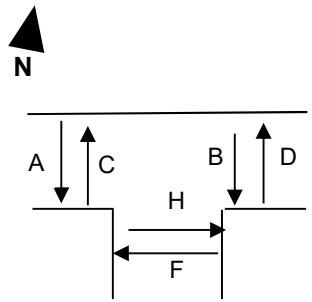

| HORAS DE CONTROL | A | B | C | D | E | F | G | H | TOTAL X 1/4 HORA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 13:30 - 13:45 | 99 | 110 | 73 | 94 | 63 | 71 | 53 | 94 | 657 |
| 13:45 - 14:00 | 81 | 85 | 66 | 76 | 63 | 122 | 44 | 77 | 614 |
| 14:00 - 14:15 | 94 | 111 | 79 | 81 | 67 | 87 | 47 | 100 | 666 |
| 14:15 - 14:30 | 92 | 79 | 89 | 68 | 76 | 123 | 46 | 76 | 649 |
| | | | | | | | | | |
| **H.P M.D** | **366** | **385** | **307** | **319** | **269** | **403** | **190** | **347** | **2586** |

## CONTEO PEATONAL - HOJA RESUMEN

**INTERSECCION: Av. Canadá - Av. de la Arqueologia**

**DIA : Sabado**

**FECHA: 28/04/2(**



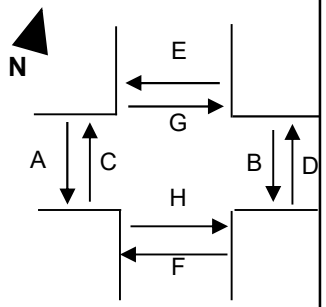

| HORAS DE CONTROL | A | B | C | D | E | F | G | H | TOTAL X 1/4 HORA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 13:30 - 13:45 | 14 | 7 | 8 | 7 | 0 | 8 | 0 | 8 | 52 |
| 13:45 - 14:00 | 16 | 2 | 7 | 6 | 0 | 10 | 0 | 8 | 49 |
| 14:00 - 14:15 | 19 | 3 | 12 | 4 | 0 | 5 | 0 | 13 | 56 |
| 14:15 - 14:30 | 15 | 2 | 18 | 4 | 0 | 5 | 0 | 8 | 52 |
| | | | | | | | | | |
| **H.P M.D** | **64** | **14** | **45** | **21** | **0** | **28** | **0** | **37** | **209** |

## CONTEO PEATONAL - HOJA RESUMEN

**INTERSECCION: Av. San Luis - Av. Canadá**

**DIA : Sabado**

**FECHA: 28/04/2(**




| HORAS DE CONTROL | A | B | C | D | E | F | G | H | TOTAL X 1/4 HORA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 13:30 - 13:45 | 21 | 52 | 21 | 53 | 27 | 32 | 21 | 17 | 244 |
| 13:45 - 14:00 | 19 | 65 | 22 | 59 | 22 | 44 | 26 | 29 | 286 |
| 14:00 - 14:15 | 22 | 56 | 30 | 60 | 24 | 37 | 30 | 22 | 281 |
| 14:15 - 14:30 | 29 | 56 | 33 | 51 | 28 | 21 | 33 | 28 | 279 |
| | | | | | | | | | |
| **H.P M.D** | **91** | **229** | **106** | **223** | **101** | **134** | **110** | **96** | **1090** |

# ANEXO 3

## Deficiencias Encontradas en la Situación Actual

## Deficiencias Encontradas en la Situación Actual

### Paraderos de Transporte Público.

En la Figura 1 se identificó la ubicación de los paraderos, formales e informales, en la Av. Canadá.

*Figura 1.* Ubicación de paraderos de buses en la Av. Canadá

*Fuente: Adaptado de Google Earth, 2018*

Las fotografías presentadas en la Figura 2 se describen a continuación:

1) Paradero formal al este de Av. San Luis (sentido este-oeste): Cuenta con señalética vertical al final del paradero y zona de espera con techo para pasajeros; sin embargo, las marcas en el pavimento y las tachas que indican la presencia de paradero se encuentran desgastadas. Adicionalmente, se observó que el desembarque de pasajeros en ocasiones se realiza de manera peligrosa a media calzada.

2) Paradero informal a la altura de la Av. de la Arqueología (sentido este-oeste): No cuenta con las condiciones ni la infraestructura para funcionar como paradero, no cuenta con señal vertical de paradero ni marcas en el pavimento.

3) Paradero formal al este de Av. Aviación (sentido este-oeste): Este paradero cuenta con la señal vertical al final del paradero y con zona de espera techada para pasajeros; las marcas en el pavimento y las tachas que indican la presencia de paradero se encuentran desgastadas.

4) Paradero formal al oeste de Av. Aviación (sentido oeste-este): El paradero cuenta con la señal vertical I-6 al final del paradero y con zona techada para pasajeros; sin

embargo, las marcas en el pavimento y las tachas que indican la presencia de paradero se encuentran desgastadas.

5) Paradero formal al oeste de Av. de la Arqueología (sentido oeste-este): La señalética vertical se encuentra al final del paradero y no cuenta con marcas en el pavimento que indiquen la presencia de un paradero.

6) Paradero formal al oeste de Av. San Luis (sentido oeste-este): Cuenta con la señal vertical al final del paradero y zona de espera techada para pasajeros; sin embargo, las marcas en el pavimento y las tachas que indican la presencia de paradero se encuentran desgastadas.

*Figura 2.* Imágenes fotográficas de los paraderos de buses formales e informales de la Av. Canadá

*Fuente: Trabajo de campo*

**Señalética, Estacionamiento e Infraestructura Peatonal**

Durante la visita a campó se observaron algunos problemas de operación; tal y como se detallan a continuación

En la Figura 3 se observa que la cebra de cruceros peatonales en las intersecciones del área de estudio se encuentra en mal estado.

*Figura 3.* Cruceros peatonales desgastados en la Av. Canadá

*Fuente: Trabajo de campo*

A continuación, se muestran algunas deficiencias encontradas durante los trabajos de campo.

| | |
|---|---|
| se observa la ausencia de cebra de cruce peatonal en Av. Canadá sentido este-oeste a la altura de la Ca. de la Ciencia. En el separador central existe la infraestructura para el peatón como vereda y rampa; sin embargo, estas deben estar acompañadas de cruceros peatonales. | |

| | |
|---|---|
| se observa la ausencia de una señal vertical de carril exclusivo de giro a la izquierda y marcas en el pavimento deterioradas, además, este carril es utilizado como estacionamiento por algunos vehículos generando desorden. | |
| se observa la ausencia de la señal vertical de giro en U permitido en la Av. Canadá sentido oeste-este a la altura de la Ca. de la Historia. | |
| se observa que la berma se encuentra en mal estado en la Av. Canadá en sentido oeste-este a la altura de la Ca. La Arqueología | |
| se observa una señal de “pare” delante de un semáforo en la intersección de Av. Canadá con Av. Arqueología estos dos dispositivos de control no pueden estar en la misma ubicación pues genera confusión en el conductor. | |

# ANEXO 4

## Reporte de los Parámetros de Eficiencia Vissim 10.0

# Situación Existente (AM / PM)

**HORARIO AM**

$VISION

| $MOVEMENT | TIMEINT | MOVEMENT | | MOVEMENT\D | QLEN | QLENMAX | LOSVAL(ALL) | VEHDELAY(AL | STOPS(ALL) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| AVG | 900-3900 | 1-110: Av. Canadá@53.3-7: Av. Canadá@2.8 | | W-E | 52.49 | 177.64 | 3 | 32.86 | 0.69 |
| AVG | 900-3900 | 1-110: Av. Canadá@53.3-16: Av. Canadá@2.3 | | W-W | 52.49 | 177.64 | 3 | 34.61 | 0.66 |
| AVG | 900-3900 | 1-110: Av. Canadá@53.3-29: Av. aviación@1.8 | | W-S | 52.49 | 177.64 | 4 | 41.5 | 1.56 |
| AVG | 900-3900 | 1-110: Av. Canadá@53.3-34: Av. Aviación@1.6 | | W-N | 52.49 | 177.64 | 6 | 89.07 | 2.44 |
| AVG | 900-3900 | 1-111: Av. Canadá@45.0-7: Av. Canadá@2.8 | | E-E | 46.83 | 156.05 | 3 | 39.77 | 2.83 |
| AVG | 900-3900 | 1-111: Av. Canadá@45.0-16: Av. Canadá@2.3 | | E-W | 46.83 | 156.05 | 3 | 32.44 | 0.65 |
| AVG | 900-3900 | 1-111: Av. Canadá@45.0-29: Av. aviación@1.8 | | E-S | 46.83 | 156.05 | 4 | 52.49 | 2.02 |
| AVG | 900-3900 | 1-111: Av. Canadá@45.0-34: Av. Aviación@1.6 | | E-N | 46.83 | 156.05 | 4 | 44.95 | 2 |
| AVG | 900-3900 | 1-112: Av. aviación@40.1-7: Av. Canadá@2.8 | | S-E | 293.5 | 350.22 | 6 | 135.21 | 2.81 |
| AVG | 900-3900 | 1-112: Av. aviación@40.1-16: Av. Canadá@2.3 | | S-W | 293.4 | 350.12 | 6 | 182.22 | 5.31 |
| AVG | 900-3900 | 1-112: Av. aviación@40.1-29: Av. aviación@1.8 | | S-S | 293.5 | 350.22 | 6 | 141.64 | 4.29 |
| AVG | 900-3900 | 1-112: Av. aviación@40.1-34: Av. Aviación@1.6 | | S-N | 293.5 | 350.22 | 6 | 144.38 | 2.46 |
| AVG | 900-3900 | 1-113: Av. Aviación@37.1-7: Av. Canadá@2.8 | | N-E | 97.05 | 216.75 | 5 | 76.21 | 2.18 |
| AVG | 900-3900 | 1-113: Av. Aviación@37.1-16: Av. Canadá@2.3 | | N-W | 96.76 | 216.3 | 6 | 102.53 | 2.41 |
| AVG | 900-3900 | 1-113: Av. Aviación@37.1-29: Av. aviación@1.8 | | N-S | 96.76 | 216.3 | 6 | 103.04 | 1.86 |
| AVG | 900-3900 | 1-113: Av. Aviación@37.1-34: Av. Aviación@1.6 | | N-N | 96.63 | 216.44 | 5 | 67.37 | 1.62 |
| AVG | 900-3900 | | 1 | Total | 139.52 | 350.22 | 5 | 64.79 | 1.45 |
| AVG | 900-3900 | 4-9@34.7-19: Av. San Luis@1.8 | | SW-N | 133.64 | 351.49 | 6 | 223.46 | 3.59 |
| AVG | 900-3900 | 4-17: Av. San Luis@442.3-12: Av. Canadá@1.8 | | N-SW | 177.42 | 345.68 | 6 | 131.42 | 2.31 |
| AVG | 900-3900 | 4-17: Av. San Luis@442.3-22: Av. San Luis@28.9 | | N-S | 177.42 | 345.68 | 6 | 128.75 | 1.96 |
| AVG | 900-3900 | 4-18: Av. Canadá@24.5-10: Av. Canadá@2.3 | | N-NE | 119.39 | 315.9 | 6 | 114.23 | 3.27 |
| AVG | 900-3900 | 4-18: Av. Canadá@24.5-19: Av. San Luis@1.8 | | N-N | 119.39 | 315.9 | | | |
| AVG | 900-3900 | 4-20: Av. San Luis@417.5-10: Av. Canadá@2.3 | | S-NE | 358.97 | 429.96 | 6 | 120.14 | 1.71 |
| AVG | 900-3900 | 4-20: Av. San Luis@417.5-19: Av. San Luis@1.8 | | S-N | 358.97 | 429.96 | 6 | 107.59 | 1.11 |
| AVG | 900-3900 | 4-20: Av. San Luis@417.5-10036@44.7 | | S-SW | 359.65 | 430.64 | 6 | 114.76 | 2.24 |
| AVG | 900-3900 | 4-21: Av. San Luis@20.6-12: Av. Canadá@1.8 | | S-SW | 327.78 | 428.08 | 6 | 119.32 | 2.94 |
| AVG | 900-3900 | 4-21: Av. San Luis@20.6-22: Av. San Luis@28.9 | | S-S | 327.78 | 428.08 | | | |
| AVG | 900-3900 | 4-39@1.9-22: Av. San Luis@28.9 | | W-S | 149.55 | 373.02 | 4 | 46.5 | 2.51 |
| AVG | 900-3900 | 4-115: Av. Canadá@75.1-10: Av. Canadá@2.3 | | SW-NE | 187.41 | 372.5 | 4 | 54.68 | 1.1 |
| AVG | 900-3900 | 4-115: Av. Canadá@75.1-19: Av. San Luis@1.8 | | SW-N | 187.41 | 372.5 | 6 | 159.91 | 3.32 |
| AVG | 900-3900 | 4-116: Av. Canadá@43.1-12: Av. Canadá@1.8 | | NE-SW | 271.98 | 401.47 | 5 | 63.72 | 1.43 |
| AVG | 900-3900 | 4-116: Av. Canadá@43.1-19: Av. San Luis@1.8 | | NE-N | 271.98 | 401.47 | 6 | 80.22 | 1.73 |
| AVG | 900-3900 | 4-116: Av. Canadá@43.1-22: Av. San Luis@28.9 | | NE-S | 271.98 | 401.47 | 6 | 90.32 | 2.77 |
| AVG | 900-3900 | | 3 | Total | 231.75 | 476.34 | 5 | 79.26 | 1.62 |
| AVG | 900-3900 | 5-12: Av. Canadá@371.1-14: Av. Canadá@1.8 | | E-W | 297.4 | 486.79 | 3 | 26.31 | 0.89 |
| AVG | 900-3900 | 5-13@17.6-8: Av. Canadá@2.4 | | E-E | 299.04 | 487.15 | 6 | 233.4 | 7.5 |
| AVG | 900-3900 | 5-13@17.6-38: Av. De la Arqueología@1.5 | | E-S | 299.04 | 487.15 | 6 | 239.29 | 8.07 |
| AVG | 900-3900 | 5-36: Av. De la Arqueología@272.9-8: Av. Canadá@2.4 | | S-E | 89.26 | 181.67 | 6 | 104.26 | 1.67 |
| AVG | 900-3900 | 5-37@26.2-14: Av. Canadá@1.8 | | S-W | 106.03 | 183.33 | 6 | 333.63 | 4.79 |
| AVG | 900-3900 | 5-37@26.2-38: Av. De la Arqueología@1.5 | | S-S | 106.03 | 183.33 | 6 | 344.34 | 4.3 |
| AVG | 900-3900 | 5-114: Av. Canadá@37.0-8: Av. Canadá@2.4 | | W-E | 23.42 | 169.97 | 1 | 10.74 | 0.33 |
| AVG | 900-3900 | 5-114: Av. Canadá@37.0-14: Av. Canadá@1.8 | | W-W | 23.42 | 169.97 | 2 | 9.83 | 0.49 |
| AVG | 900-3900 | 5-114: Av. Canadá@37.0-38: Av. De la Arqueología@1.5 | | W-S | 23.42 | 169.97 | 2 | 19.45 | 0.9 |
| AVG | 900-3900 | | 2 | Total | 163.03 | 487.16 | 4 | 39.13 | 1.09 |

**HORARIO PM**

$VISION

| $MOVEMENT | TIMEINT | MOVEMENT | | MOVEMENT\| | QLEN | QLENMAX | LOSVAL(ALL) | VEHDELAY(ALL) | STOPS(ALL) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| AVG | 900-3900 | 1-110: Av. Canadá@53.3-7: Av. Canadá@2.8 | | W-E | 60.56 | 206.05 | 3 | 36.3 | 0.81 |
| AVG | 900-3900 | 1-110: Av. Canadá@53.3-16: Av. Canadá@2.3 | | W-W | 60.56 | 206.05 | | | |
| AVG | 900-3900 | 1-110: Av. Canadá@53.3-29: Av. aviación@1.8 | | W-S | 60.56 | 206.05 | 4 | 45.67 | 1.85 |
| AVG | 900-3900 | 1-110: Av. Canadá@53.3-34: Av. Aviación@1.6 | | W-N | 60.56 | 206.05 | 6 | 107.89 | 2.2 |
| AVG | 900-3900 | 1-111: Av. Canadá@45.0-7: Av. Canadá@2.8 | | E-E | 97.42 | 239.29 | 6 | 116.63 | 6.11 |
| AVG | 900-3900 | 1-111: Av. Canadá@45.0-16: Av. Canadá@2.3 | | E-W | 97.42 | 239.29 | 5 | 58.11 | 1.4 |
| AVG | 900-3900 | 1-111: Av. Canadá@45.0-29: Av. aviación@1.8 | | E-S | 97.42 | 239.29 | 6 | 132.77 | 4.02 |
| AVG | 900-3900 | 1-111: Av. Canadá@45.0-34: Av. Aviación@1.6 | | E-N | 97.42 | 239.29 | 5 | 66.79 | 2.39 |
| AVG | 900-3900 | 1-112: Av. aviación@40.1-7: Av. Canadá@2.8 | | S-E | 239.03 | 341.25 | 6 | 144.25 | 2.77 |
| AVG | 900-3900 | 1-112: Av. aviación@40.1-16: Av. Canadá@2.3 | | S-W | 238.92 | 341.15 | 6 | 117.05 | 3.44 |
| AVG | 900-3900 | 1-112: Av. aviación@40.1-29: Av. aviación@1.8 | | S-S | 239.03 | 341.25 | 6 | 105.8 | 2.49 |
| AVG | 900-3900 | 1-112: Av. aviación@40.1-34: Av. Aviación@1.6 | | S-N | 239.03 | 341.25 | 6 | 146.72 | 2.39 |
| AVG | 900-3900 | 1-113: Av. Aviación@37.1-7: Av. Canadá@2.8 | | N-E | 251.85 | 291.57 | 6 | 146.32 | 4.01 |
| AVG | 900-3900 | 1-113: Av. Aviación@37.1-16: Av. Canadá@2.3 | | N-W | 251.41 | 291.12 | 6 | 148.72 | 3.32 |
| AVG | 900-3900 | 1-113: Av. Aviación@37.1-29: Av. aviación@1.8 | | N-S | 251.41 | 291.12 | 6 | 150.27 | 3.02 |
| AVG | 900-3900 | 1-113: Av. Aviación@37.1-34: Av. Aviación@1.6 | | N-N | 251.55 | 291.26 | 6 | 140.38 | 3.56 |
| AVG | 900-3900 | | 1 | Total | 198.68 | 353.4 | 6 | 85.48 | 2.02 |
| AVG | 900-3900 | 4-9@34.7-19: Av. San Luis@1.8 | | SW-N | 3.06 | 28.23 | 5 | 73.74 | 1.44 |
| AVG | 900-3900 | 4-17: Av. San Luis@442.3-12: Av. Canadá@1.8 | | N-SW | 250.34 | 399.2 | 6 | 134.21 | 2.16 |
| AVG | 900-3900 | 4-17: Av. San Luis@442.3-22: Av. San Luis@28.9 | | N-S | 250.34 | 399.2 | 6 | 133.98 | 1.94 |
| AVG | 900-3900 | 4-18: Av. Canadá@24.5-10: Av. Canadá@2.3 | | N-NE | 235.55 | 399.36 | 6 | 141.15 | 4.14 |
| AVG | 900-3900 | 4-18: Av. Canadá@24.5-19: Av. San Luis@1.8 | | N-N | 235.55 | 399.36 | | | |
| AVG | 900-3900 | 4-20: Av. San Luis@417.5-10: Av. Canadá@2.3 | | S-NE | 50.02 | 179.79 | 6 | 79.23 | 1.54 |
| AVG | 900-3900 | 4-20: Av. San Luis@417.5-19: Av. San Luis@1.8 | | S-N | 50.02 | 179.79 | 5 | 68.96 | 0.96 |
| AVG | 900-3900 | 4-20: Av. San Luis@417.5-10036@44.7 | | S-SW | 50.57 | 180.46 | 5 | 68.29 | 1.68 |
| AVG | 900-3900 | 4-21: Av. San Luis@20.6-12: Av. Canadá@1.8 | | S-SW | 17.66 | 138.1 | 5 | 73.96 | 2.12 |
| AVG | 900-3900 | 4-21: Av. San Luis@20.6-22: Av. San Luis@28.9 | | S-S | 17.66 | 138.1 | | | |
| AVG | 900-3900 | 4-39@1.9-22: Av. San Luis@28.9 | | W-S | 238.52 | 422.87 | 4 | 53.76 | 2.83 |
| AVG | 900-3900 | 4-115: Av. Canadá@75.1-10: Av. Canadá@2.3 | | SW-NE | 245.25 | 417 | 5 | 56.68 | 1.18 |
| AVG | 900-3900 | 4-115: Av. Canadá@75.1-19: Av. San Luis@1.8 | | SW-N | 245.25 | 417 | 6 | 115.15 | 2.62 |
| AVG | 900-3900 | 4-116: Av. Canadá@43.1-12: Av. Canadá@1.8 | | NE-SW | 55.38 | 174.26 | 4 | 36.66 | 0.77 |
| AVG | 900-3900 | 4-116: Av. Canadá@43.1-19: Av. San Luis@1.8 | | NE-N | 55.38 | 174.26 | 4 | 53.98 | 1.23 |
| AVG | 900-3900 | 4-116: Av. Canadá@43.1-22: Av. San Luis@28.9 | | NE-S | 55.38 | 174.26 | 5 | 73.95 | 2.21 |
| AVG | 900-3900 | | 3 | Total | 127.37 | 444.57 | 5 | 64.54 | 1.43 |
| AVG | 900-3900 | 5-12: Av. Canadá@371.1-14: Av. Canadá@1.8 | | E-W | 23.63 | 137.83 | 1 | 8.52 | 0.28 |
| AVG | 900-3900 | 5-13@17.6-8: Av. Canadá@2.4 | | E-E | 25.21 | 129.66 | 4 | 72.03 | 2.66 |
| AVG | 900-3900 | 5-13@17.6-38: Av. De la Arqueología@1.5 | | E-S | 25.21 | 129.66 | 6 | 112.3 | 3.85 |
| AVG | 900-3900 | 5-36: Av. De la Arqueología@272.9-8: Av. Canadá@2.4 | | S-E | 4.69 | 48.14 | 5 | 68.63 | 1.25 |
| AVG | 900-3900 | 5-37@26.2-14: Av. Canadá@1.8 | | S-W | 40.61 | 106.47 | 6 | 177.35 | 3.03 |
| AVG | 900-3900 | 5-37@26.2-38: Av. De la Arqueología@1.5 | | S-S | 40.61 | 106.47 | 6 | 173.88 | 2.47 |
| AVG | 900-3900 | 5-114: Av. Canadá@37.0-8: Av. Canadá@2.4 | | W-E | 100.39 | 316.2 | 3 | 24.35 | 0.89 |
| AVG | 900-3900 | 5-114: Av. Canadá@37.0-14: Av. Canadá@1.8 | | W-W | 100.39 | 316.2 | 3 | 32.78 | 2.13 |
| AVG | 900-3900 | 5-114: Av. Canadá@37.0-38: Av. De la Arqueología@1.5 | | W-S | 100.39 | 316.2 | 3 | 25.6 | 1.18 |
| AVG | 900-3900 | | 2 | Total | 38.91 | 323.48 | 3 | 26.79 | 0.85 |

# Propuesta de Mejora 1 (AM / PM)

**HORARIO AM**

| $VISION | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $MOVEMENT | TIMEINT | MOVEMENT | MOVEMENT\D | QLEN | QLENMAX | LOSVAL(ALL) | VEHDELAY(ALL) | STOPS(ALL) |
| AVG | 900-3900 | 1-110: Av. Canadá@53.3-7: Av. Canadá@2.8 | W-E | 36.24 | 162.8 | 3 | 22.34 | 0.55 |
| AVG | 900-3900 | 1-110: Av. Canadá@53.3-16: Av. Canadá@2.3 | W-W | 36.24 | 162.8 | 3 | 26.13 | 0.65 |
| AVG | 900-3900 | 1-110: Av. Canadá@53.3-29: Av. aviación@1.8 | W-S | 36.24 | 162.8 | 3 | 29.97 | 1.28 |
| AVG | 900-3900 | 1-110: Av. Canadá@53.3-34: Av. Aviación@1.6 | W-N | 36.24 | 162.8 | 6 | 93.25 | 2.28 |
| AVG | 900-3900 | 1-111: Av. Canadá@45.0-7: Av. Canadá@2.8 | E-E | 28.62 | 188.09 | 1 | 1.58 | 0.2 |
| AVG | 900-3900 | 1-111: Av. Canadá@45.0-16: Av. Canadá@2.3 | E-W | 28.62 | 188.09 | 1 | 10.42 | 0.28 |
| AVG | 900-3900 | 1-111: Av. Canadá@45.0-29: Av. aviación@1.8 | E-S | 28.62 | 188.09 | 3 | 25.81 | 1.6 |
| AVG | 900-3900 | 1-111: Av. Canadá@45.0-34: Av. Aviación@1.6 | E-N | 28.62 | 188.09 | 3 | 23.78 | 1.77 |
| AVG | 900-3900 | 1-112: Av. aviación@40.1-7: Av. Canadá@2.8 | S-E | 292.34 | 349.99 | 6 | 225.43 | 3.37 |
| AVG | 900-3900 | 1-112: Av. aviación@40.1-16: Av. Canadá@2.3 | S-W | 292.54 | 349.89 | 6 | 129.01 | 2.62 |
| AVG | 900-3900 | 1-112: Av. aviación@40.1-29: Av. aviación@1.8 | S-S | 292.5 | 349.99 | 6 | 105.7 | 2.14 |
| AVG | 900-3900 | 1-112: Av. aviación@40.1-34: Av. Aviación@1.6 | S-N | 282.57 | 349.99 | 6 | 135.95 | 2.4 |
| AVG | 900-3900 | 1-113: Av. Aviación@37.1-7: Av. Canadá@2.8 | N-E | 98.25 | 291.58 | 5 | 75.32 | 2.18 |
| AVG | 900-3900 | 1-113: Av. Aviación@37.1-16: Av. Canadá@2.3 | N-W | 275.09 | 291.13 | 6 | 202.42 | 4.42 |
| AVG | 900-3900 | 1-113: Av. Aviación@37.1-29: Av. aviación@1.8 | N-S | 95.74 | 291.13 | 6 | 102.15 | 1.78 |
| AVG | 900-3900 | 1-113: Av. Aviación@37.1-34: Av. Aviación@1.6 | N-N | 275.23 | 291.27 | 6 | 152.85 | 2.06 |
| AVG | 900-3900 | 1 | Total | 135.02 | 346.21 | 5 | 61.88 | 1.14 |
| AVG | 900-3900 | 4-9@34.7-19: Av. San Luis@1.8 | SW-N | 18.83 | 81.15 | 6 | 133.68 | 1.68 |
| AVG | 900-3900 | 4-17: Av. San Luis@442.3-12: Av. Canadá@1.8 | N-SW | 427.77 | 452.18 | 6 | 290.87 | 3.06 |
| AVG | 900-3900 | 4-17: Av. San Luis@442.3-22: Av. San Luis@28.9 | N-S | 427.77 | 452.18 | 5 | 76.87 | 2.72 |
| AVG | 900-3900 | 4-18: Av. Canadá@24.5-10: Av. Canadá@2.3 | N-NE | 410.37 | 451.97 | 6 | 191.35 | 3 |
| AVG | 900-3900 | 4-18: Av. Canadá@24.5-19: Av. San Luis@1.8 | N-N | 410.37 | 451.97 | | | |
| AVG | 900-3900 | 4-20: Av. San Luis@417.5-10: Av. Canadá@2.3 | S-NE | 399.96 | 430.6 | 6 | 180.01 | 2.29 |
| AVG | 900-3900 | 4-20: Av. San Luis@417.5-19: Av. San Luis@1.8 | S-N | 399.96 | 430.6 | 5 | 79.56 | 1.41 |
| AVG | 900-3900 | 4-20: Av. San Luis@417.5-10036@44.7 | S-SW | 400.64 | 431.27 | 6 | 148.88 | 1.88 |
| AVG | 900-3900 | 4-21: Av. San Luis@20.6-12: Av. Canadá@1.8 | S-SW | 288.06 | 428.21 | 6 | 118.73 | 1.78 |
| AVG | 900-3900 | 4-21: Av. San Luis@20.6-22: Av. San Luis@28.9 | S-S | 288.06 | 428.21 | | | |
| AVG | 900-3900 | 4-39@1.9-22: Av. San Luis@28.9 | W-S | 8.63 | 114.16 | 2 | 15.43 | 1.17 |
| AVG | 900-3900 | 4-115: Av. Canadá@75.1-10: Av. Canadá@2.3 | SW-NE | 23.82 | 125.47 | 2 | 20.03 | 0.41 |
| AVG | 900-3900 | 4-115: Av. Canadá@75.1-19: Av. San Luis@1.8 | SW-N | 23.82 | 125.47 | 5 | 71.19 | 2.46 |
| AVG | 900-3900 | 4-116: Av. Canadá@43.1-12: Av. Canadá@1.8 | NE-SW | 102.47 | 289.2 | 4 | 35.95 | 0.93 |
| AVG | 900-3900 | 4-116: Av. Canadá@43.1-19: Av. San Luis@1.8 | NE-N | 102.47 | 289.2 | 4 | 48.38 | 1.26 |
| AVG | 900-3900 | 4-116: Av. Canadá@43.1-22: Av. San Luis@28.9 | NE-S | 102.47 | 289.2 | 4 | 50.87 | 2.09 |
| AVG | 900-3900 | 4 | Total | 231.17 | 452.33 | 5 | 63.71 | 1.09 |
| AVG | 900-3900 | 5-12: Av. Canadá@371.1-14: Av. Canadá@1.8 | E-W | 200.24 | 364.11 | 4 | 38.35 | 0.95 |
| AVG | 900-3900 | 5-13@17.6-8: Av. Canadá@2.4 | E-E | 196.98 | 364.79 | 6 | 176.23 | 6.35 |
| AVG | 900-3900 | 5-13@17.6-38: Av. De la Arqueología@1.5 | E-S | 196.98 | 364.79 | 6 | 162.75 | 6.9 |
| AVG | 900-3900 | 5-36: Av. De la Arqueología@272.9-8: Av. Canadá@2.4 | S-E | 25.79 | 118.24 | 5 | 68.58 | 1.16 |
| AVG | 900-3900 | 5-37@26.2-14: Av. Canadá@1.8 | S-W | 49.91 | 120.39 | 6 | 172.99 | 2.99 |
| AVG | 900-3900 | 5-37@26.2-38: Av. De la Arqueología@1.5 | S-S | 49.91 | 120.39 | 6 | 178.01 | 2.54 |
| AVG | 900-3900 | 5-114: Av. Canadá@37.0-8: Av. Canadá@2.4 | W-E | 8.4 | 72.92 | 1 | 4.61 | 0.13 |
| AVG | 900-3900 | 5-114: Av. Canadá@37.0-14: Av. Canadá@1.8 | W-W | 8.4 | 72.92 | 1 | 7.21 | 0.66 |
| AVG | 900-3900 | 5-114: Av. Canadá@37.0-38: Av. De la Arqueología@1.5 | W-S | 8.4 | 72.92 | 2 | 10.71 | 0.89 |
| AVG | 900-3900 | 5 | Total | 96.26 | 364.79 | 4 | 36.23 | 1.01 |

**HORARIO PM**

$VISION

| $MOVEMENT | TIMEINT | MOVEMENT | | MOVEMENT\I | QLEN | QLENMAX | LOSVAL(ALL) | VEHDELAY(ALL) | STOPS(ALL) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| AVG | 900-3900 | 1-110: Av. Canadá@53.3-7: Av. Canadá@2.8 | | W-E | 114.14 | 243.96 | 4 | 47.97 | 1.08 |
| AVG | 900-3900 | 1-110: Av. Canadá@53.3-16: Av. Canadá@2.3 | | W-W | 114.14 | 243.96 | | | |
| AVG | 900-3900 | 1-110: Av. Canadá@53.3-29: Av. aviación@1.8 | | W-S | 114.14 | 243.96 | 5 | 72.46 | 2.59 |
| AVG | 900-3900 | 1-110: Av. Canadá@53.3-34: Av. Aviación@1.6 | | W-N | 114.14 | 243.96 | 5 | 76.34 | 1.97 |
| AVG | 900-3900 | 1-111: Av. Canadá@45.0-7: Av. Canadá@2.8 | | E-E | 90.12 | 251.35 | 6 | 88.31 | 4.15 |
| AVG | 900-3900 | 1-111: Av. Canadá@45.0-16: Av. Canadá@2.3 | | E-W | 90.12 | 251.35 | 5 | 66.18 | 1.82 |
| AVG | 900-3900 | 1-111: Av. Canadá@45.0-29: Av. aviación@1.8 | | E-S | 90.12 | 251.35 | 6 | 94.72 | 3.25 |
| AVG | 900-3900 | 1-111: Av. Canadá@45.0-34: Av. Aviación@1.6 | | E-N | 90.12 | 251.35 | 6 | 85.74 | 3.05 |
| AVG | 900-3900 | 1-112: Av. aviación@40.1-7: Av. Canadá@2.8 | | S-E | 231.82 | 350.23 | 6 | 143.14 | 5.34 |
| AVG | 900-3900 | 1-112: Av. aviación@40.1-16: Av. Canadá@2.3 | | S-W | 231.82 | 350.13 | 5 | 77.36 | 2.52 |
| AVG | 900-3900 | 1-112: Av. aviación@40.1-29: Av. aviación@1.8 | | S-S | 231.82 | 350.23 | 5 | 83.26 | 2.01 |
| AVG | 900-3900 | 1-112: Av. aviación@40.1-34: Av. Aviación@1.6 | | S-N | 231.82 | 350.23 | 6 | 138.64 | 4.18 |
| AVG | 900-3900 | 1-113: Av. Aviación@37.1-7: Av. Canadá@2.8 | | N-E | 171.35 | 268.18 | 5 | 65.57 | 1.85 |
| AVG | 900-3900 | 1-113: Av. Aviación@37.1-16: Av. Canadá@2.3 | | N-W | 170.91 | 267.74 | 6 | 153.94 | 3.89 |
| AVG | 900-3900 | 1-113: Av. Aviación@37.1-29: Av. aviación@1.8 | | N-S | 170.91 | 267.74 | 6 | 138.59 | 3.07 |
| AVG | 900-3900 | 1-113: Av. Aviación@37.1-34: Av. Aviación@1.6 | | N-N | 170.99 | 267.88 | 5 | 61.17 | 1.67 |
| AVG | 900-3900 | | 1 | Total | 180.38 | 365.53 | 6 | 84.62 | 2.01 |
| AVG | 900-3900 | 4-9@34.7-19: Av. San Luis@1.8 | | SW-N | 3.05 | 36.96 | 5 | 67.46 | 1.56 |
| AVG | 900-3900 | 4-17: Av. San Luis@442.3-12: Av. Canadá@1.8 | | N-SW | 422.67 | 454.22 | 6 | 265.8 | 3.8 |
| AVG | 900-3900 | 4-17: Av. San Luis@442.3-22: Av. San Luis@28.9 | | N-S | 422.67 | 454.22 | 6 | 264.43 | 3.65 |
| AVG | 900-3900 | 4-18: Av. Canadá@24.5-10: Av. Canadá@2.3 | | N-NE | 190.25 | 453.68 | 5 | 75.12 | 2.92 |
| AVG | 900-3900 | 4-18: Av. Canadá@24.5-19: Av. San Luis@1.8 | | N-N | 365.4 | 453.68 | | | |
| AVG | 900-3900 | 4-20: Av. San Luis@417.5-10: Av. Canadá@2.3 | | S-NE | 235.6 | 420.3 | 6 | 139.2 | 2.78 |
| AVG | 900-3900 | 4-20: Av. San Luis@417.5-19: Av. San Luis@1.8 | | S-N | 235.1 | 420.3 | 5 | 76.23 | 1.771 |
| AVG | 900-3900 | 4-20: Av. San Luis@417.5-10036@44.7 | | S-SW | 235.6 | 420.97 | 6 | 143.45 | 2.13 |
| AVG | 900-3900 | 4-21: Av. San Luis@20.6-12: Av. Canadá@1.8 | | S-SW | 152.22 | 318.49 | 6 | 95.19 | 1.49 |
| AVG | 900-3900 | 4-21: Av. San Luis@20.6-22: Av. San Luis@28.9 | | S-S | 152.22 | 318.49 | | | |
| AVG | 900-3900 | 4-39@1.9-22: Av. San Luis@28.9 | | W-S | 61.75 | 259.79 | 3 | 35.93 | 2.27 |
| AVG | 900-3900 | 4-115: Av. Canadá@75.1-10: Av. Canadá@2.3 | | SW-NE | 89.22 | 266.79 | 4 | 45.25 | 1.19 |
| AVG | 900-3900 | 4-115: Av. Canadá@75.1-19: Av. San Luis@1.8 | | SW-N | 89.22 | 266.79 | 6 | 115.95 | 3.11 |
| AVG | 900-3900 | 4-116: Av. Canadá@43.1-12: Av. Canadá@1.8 | | NE-SW | 37.34 | 133.47 | 3 | 22.95 | 0.68 |
| AVG | 900-3900 | 4-116: Av. Canadá@43.1-19: Av. San Luis@1.8 | | NE-N | 37.34 | 133.47 | 4 | 39.45 | 1.24 |
| AVG | 900-3900 | 4-116: Av. Canadá@43.1-22: Av. San Luis@28.9 | | NE-S | 37.34 | 133.47 | 4 | 44.38 | 1.84 |
| AVG | 900-3900 | | 4 | Total | 119.64 | 454.36 | 5 | 63.75 | 1.51 |
| AVG | 900-3900 | 5-12: Av. Canadá@371.1-14: Av. Canadá@1.8 | | E-W | 4.73 | 55.42 | 1 | 4.47 | 0.22 |
| AVG | 900-3900 | 5-13@17.6-8: Av. Canadá@2.4 | | E-E | 1.57 | 51.3 | 1 | 9.32 | 0.46 |
| AVG | 900-3900 | 5-13@17.6-38: Av. De la Arqueología@1.5 | | E-S | 1.57 | 51.3 | 3 | 20.2 | 1.06 |
| AVG | 900-3900 | 5-36: Av. De la Arqueología@272.9-8: Av. Canadá@2.4 | | S-E | 2.82 | 29.2 | 4 | 46.69 | 0.95 |
| AVG | 900-3900 | 5-37@26.2-14: Av. Canadá@1.8 | | S-W | 16.75 | 71.14 | 5 | 80.77 | 1.88 |
| AVG | 900-3900 | 5-37@26.2-38: Av. De la Arqueología@1.5 | | S-S | 16.75 | 71.14 | 5 | 70.81 | 1.34 |
| AVG | 900-3900 | 5-114: Av. Canadá@37.0-8: Av. Canadá@2.4 | | W-E | 23.92 | 93.29 | 2 | 13.33 | 0.44 |
| AVG | 900-3900 | 5-114: Av. Canadá@37.0-14: Av. Canadá@1.8 | | W-W | 23.92 | 93.29 | 3 | 22.49 | 1.61 |
| AVG | 900-3900 | 5-114: Av. Canadá@37.0-38: Av. De la Arqueología@1.5 | | W-S | 23.92 | 93.29 | 3 | 23.59 | 1.43 |
| AVG | 900-3900 | | 5 | Total | 9.96 | 96.06 | 2 | 13.33 | 0.47 |

# Propuesta de Mejora 2 (AM / PM)

**HORARIO AM**

| $VISION $MOVEMENT | TIMEINT | MOVEMENT | | MOVEMENT\D | QLEN | QLENMAX | LOSVAL(ALL) | VEHDELAY(ALL) | STOPS(ALL) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| AVG | 300-3900 | 1-110: Av. Canadá@53.3-7: Av. Canadá@2.8 | | W-E | 32.8 | 167.64 | 3 | 21.88 | 0.62 |
| AVG | 300-3900 | 1-110: Av. Canadá@53.3-29: Av. aviación@1.8 | | W-S | 32.8 | 167.64 | 4 | 38.31 | 1.58 |
| AVG | 300-3900 | 1-111: Av. Canadá@45.0-16: Av. Canadá@2.3 | | E-W | 26.15 | 192.24 | 1 | 10.21 | 0.25 |
| AVG | 300-3900 | 1-111: Av. Canadá@45.0-34: Av. Aviación@1.6 | | E-N | 26.15 | 192.24 | 3 | 21.15 | 1.52 |
| AVG | 300-3900 | 1-112: Av. aviación@97.2-7: Av. Canadá@2.8 | | S-E | 281.31 | 351.15 | 6 | 163.24 | 2.81 |
| AVG | 300-3900 | 1-112: Av. aviación@97.2-16: Av. Canadá@2.3 | | S-W | 96.25 | 351.09 | 5 | 65.12 | 1.28 |
| AVG | 300-3900 | 1-112: Av. aviación@97.2-29: Av. aviación@1.8 | | S-S | 97.23 | 351.15 | 5 | 60.3 | 1.11 |
| AVG | 300-3900 | 1-112: Av. aviación@97.2-34: Av. Aviación@1.6 | | S-N | 97.88 | 351.15 | 5 | 79.52 | 2.48 |
| AVG | 300-3900 | 1-113: Av. Aviación@86.9-16: Av. Canadá@2.3 | | N-W | 52.32 | 173.57 | 5 | 58.1 | 1.92 |
| AVG | 300-3900 | 1-113: Av. Aviación@86.9-29: Av. aviación@1.8 | | N-S | 52.32 | 173.57 | 5 | 76.09 | 1.04 |
| AVG | 300-3900 | 1-110: Av. Canadá@53.3-16: Av. Canadá@2.3 | | W-W | 35.21 | 80.11 | 3 | 26.13 | 0.62 |
| AVG | 300-3900 | 1-110: Av. Canadá@53.3-34: Av. Aviación@1.6 | | W-N | 21.24 | 80.11 | 5 | 69.48 | 1.43 |
| AVG | 300-3900 | 1-111: Av. Canadá@45.0-7: Av. Canadá@2.8 | | E-E | 27.55 | 188.09 | 1 | 1.58 | 0.2 |
| AVG | 300-3900 | 1-111: Av. Canadá@45.0-29: Av. aviación@1.8 | | E-S | 27.55 | 188.09 | 3 | 24.21 | 1.6 |
| AVG | 300-3900 | 1-113: Av. Aviación@37.1-7: Av. Canadá@2.8 | | N-E | 67.98 | 172.47 | 4 | 40.01 | 2.51 |
| AVG | 300-3900 | 1-113: Av. Aviación@37.1-34: Av. Aviación@1.6 | | N-N | 65.06 | 169.59 | 4 | 38.15 | 2.15 |
| AVG | 300-3900 | | 1 | Total | 94.72 | 302.5 | 4 | 32.63 | 1.02 |
| AVG | 300-3900 | 4-9@35.3-19: Av. San Luis@1.8 | | SW-N | 30.16 | 252.07 | 6 | 132.02 | 5.16 |
| AVG | 300-3900 | 4-17: Av. San Luis@442.3-12: Av. Canadá@1.8 | | N-SW | 170.41 | 452.88 | 5 | 80.21 | 1.83 |
| AVG | 300-3900 | 4-17: Av. San Luis@442.3-22: Av. San Luis@28.9 | | N-S | 170.41 | 377.52 | 5 | 75.25 | 1.02 |
| AVG | 300-3900 | 4-18: Av. Canadá@58.2-10: Av. Canadá@2.3 | | N-NE | 166.97 | 370.72 | 4 | 47.52 | 1.85 |
| AVG | 300-3900 | 4-18: Av. Canadá@58.2-19: Av. San Luis@1.8 | | N-N | 166.97 | 370.72 | 4 | 30.25 | 1.05 |
| AVG | 300-3900 | 4-20: Av. San Luis@417.8-10: Av. Canadá@2.3 | | S-NE | 166.15 | 348.17 | 6 | 115.23 | 2.18 |
| AVG | 300-3900 | 4-20: Av. San Luis@417.8-19: Av. San Luis@1.8 | | S-N | 166.15 | 348.17 | 5 | 70.52 | 1.01 |
| AVG | 300-3900 | 4-21: Av. San Luis@71.0-12: Av. Canadá@1.8 | | S-SW | 18.25 | 59.19 | 5 | 74.22 | 1.02 |
| AVG | 300-3900 | 4-21: Av. San Luis@71.0-22: Av. San Luis@28.9 | | S-S | 18.25 | 59.19 | | | |
| AVG | 300-3900 | 4-39@1.9-22: Av. San Luis@28.9 | | W-S | 77.65 | 247.68 | 2 | 14.25 | 1.48 |
| AVG | 300-3900 | 4-115: Av. Canadá@76.5-10: Av. Canadá@2.3 | | SW-NE | 97.99 | 250.71 | 2 | 20 | 0.86 |
| AVG | 300-3900 | 4-116: Av. Canadá@42.9-12: Av. Canadá@1.8 | | NE-SW | 98.42 | 383.76 | 4 | 32.85 | 0.93 |
| AVG | 300-3900 | 4-116: Av. Canadá@42.9-19: Av. San Luis@1.8 | | NE-N | 98.42 | 383.76 | 4 | 45.21 | 1.41 |
| AVG | 300-3900 | 4-119@95.9-22: Av. San Luis@28.9 | | NE-S | 2.61 | 28.51 | 4 | 45.12 | 1.5 |
| AVG | 300-3900 | | 4 | Total | 131.37 | 453.3 | 4 | 50.68 | 1.31 |
| AVG | 300-3900 | 5-4@52.1-14: Av. Canadá@1.8 | | E-W | 25.1 | 156.48 | 1 | 9.69 | 0.41 |
| AVG | 300-3900 | 5-4@52.1-38: Av. De la Arqueología@1.5 | | E-S | 24.33 | 156.26 | 5 | 56.17 | 1.83 |
| AVG | 300-3900 | 5-36: Av. De la Arqueología@272.9-8: Av. Canadá@2.4 | | S-E | 20.54 | 111.54 | 5 | 63.25 | 1.2 |
| AVG | 300-3900 | 5-37@26.2-14: Av. Canadá@1.8 | | S-W | 45.23 | 121.73 | 5 | 79.23 | 1.63 |
| AVG | 300-3900 | 5-37@26.2-38: Av. De la Arqueología@1.5 | | S-S | 45.23 | 121.73 | 5 | 80.12 | 1.89 |
| AVG | 300-3900 | 5-114: Av. Canadá@37.0-8: Av. Canadá@2.4 | | W-E | 9.1 | 161.59 | 2 | 19.23 | 0.72 |
| AVG | 300-3900 | 5-114: Av. Canadá@37.0-14: Av. Canadá@1.8 | | W-W | 8.2 | 161.59 | 1 | 9.15 | 2.3 |
| AVG | 300-3900 | 5-114: Av. Canadá@37.0-38: Av. De la Arqueología@1.5 | | W-S | 9.1 | 161.59 | 2 | 10.51 | 1.01 |
| AVG | 300-3900 | 5-10037@0.2-8: Av. Canadá@2.4 | | E-E | 23.09 | 154.97 | 3 | 22.72 | 0.89 |
| AVG | 300-3900 | | 5 | Total | 32.31 | 181.31 | 3 | 22.64 | 0.76 |

**HORARIO PM**

$VISION

| $MOVEMENT | TIMEINT | MOVEMENT | | MOVEMENT\I | QLEN | QLENMAX | LOSVAL(ALL) | VEHDELAY(ALL) | STOPS(ALL) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| AVG | 300-3900 | 1-110: Av. Canadá@53.3-7: Av. Canadá@2.8 | | W-E | 59.36 | 204.53 | 3 | 35.4 | 0.75 |
| AVG | 300-3900 | 1-110: Av. Canadá@53.3-29: Av. aviación@1.8 | | W-S | 59.36 | 204.53 | 5 | 65.12 | 2.45 |
| AVG | 300-3900 | 1-111: Av. Canadá@45.0-16: Av. Canadá@2.3 | | E-W | 82.45 | 358.03 | 4 | 45.24 | 1.27 |
| AVG | 300-3900 | 1-111: Av. Canadá@45.0-34: Av. Aviación@1.6 | | E-N | 82.45 | 358.03 | 5 | 57.95 | 2.44 |
| AVG | 300-3900 | 1-112: Av. aviación@97.2-7: Av. Canadá@2.8 | | S-E | 201.46 | 339.57 | 6 | 138.45 | 2.81 |
| AVG | 300-3900 | 1-112: Av. aviación@97.2-16: Av. Canadá@2.3 | | S-W | 201.4 | 339.51 | 4 | 38.15 | 1.24 |
| AVG | 300-3900 | 1-112: Av. aviación@97.2-29: Av. aviación@1.8 | | S-S | 201.46 | 339.57 | 5 | 75.58 | 1.52 |
| AVG | 300-3900 | 1-112: Av. aviación@97.2-34: Av. Aviación@1.6 | | S-N | 105.21 | 339.57 | 5 | 81.5 | 2.55 |
| AVG | 300-3900 | 1-113: Av. Aviación@90.2-7: Av. Canadá@2.8 | | N-E | 97.5 | 290.79 | 5 | 53.25 | 1.35 |
| AVG | 300-3900 | 1-113: Av. Aviación@90.2-16: Av. Canadá@2.3 | | N-W | 102.52 | 290.79 | 6 | 143.26 | 4.26 |
| AVG | 300-3900 | 1-113: Av. Aviación@90.2-29: Av. aviación@1.8 | | N-S | 102.52 | 250.55 | 5 | 81.53 | 2.84 |
| AVG | 300-3900 | 1-113: Av. Aviación@90.2-34: Av. Aviación@1.6 | | N-N | 102.52 | 290.79 | 5 | 51.24 | 1.26 |
| AVG | 300-3900 | 1-500@71.4-16: Av. Canadá@2.3 | | W-W | 7.79 | 43.47 | | | |
| AVG | 300-3900 | 1-500@71.4-34: Av. Aviación@1.6 | | W-N | 7.79 | 43.47 | 4 | 40.12 | 1.28 |
| AVG | 300-3900 | 1-501@46.4-7: Av. Canadá@2.8 | | E-E | 82.45 | 357.98 | 5 | 80.21 | 1.82 |
| AVG | 300-3900 | 1-501@46.4-29: Av. aviación@1.8 | | E-S | 82.45 | 357.98 | 5 | 71.88 | 1.57 |
| AVG | 300-3900 | | 1 | Total | 175.42 | 399.35 | 5 | 80.55 | 1.67 |
| AVG | 300-3900 | 4-9@35.3-19: Av. San Luis@1.8 | | SW-N | 0.28 | 16.71 | 2 | 20.3 | 1.2 |
| AVG | 300-3900 | 4-17: Av. San Luis@442.3-12: Av. Canadá@1.8 | | N-SW | 172.56 | 336.36 | 6 | 136.08 | 2.68 |
| AVG | 300-3900 | 4-17: Av. San Luis@442.3-22: Av. San Luis@28.9 | | N-S | 122.14 | 280.44 | 5 | 79.5 | 2.32 |
| AVG | 300-3900 | 4-18: Av. Canadá@58.2-10: Av. Canadá@2.3 | | N-NE | 102.4 | 297.15 | 5 | 70.15 | 1.85 |
| AVG | 300-3900 | 4-18: Av. Canadá@58.2-19: Av. San Luis@1.8 | | N-N | 103.62 | 297.15 | | | |
| AVG | 300-3900 | 4-20: Av. San Luis@417.8-10: Av. Canadá@2.3 | | S-NE | 43 | 126.02 | 6 | 113.43 | 1.83 |
| AVG | 300-3900 | 4-20: Av. San Luis@417.8-19: Av. San Luis@1.8 | | S-N | 43 | 126.02 | 5 | 65.15 | 1.27 |
| AVG | 300-3900 | 4-21: Av. San Luis@71.0-12: Av. Canadá@1.8 | | S-SW | 7.81 | 41.65 | 4 | 43.3 | 1.63 |
| AVG | 300-3900 | 4-21: Av. San Luis@71.0-22: Av. San Luis@28.9 | | S-S | 7.81 | 41.65 | | | |
| AVG | 300-3900 | 4-39@1.9-22: Av. San Luis@28.9 | | W-S | 14.04 | 133.68 | 2 | 17.88 | 1.07 |
| AVG | 300-3900 | 4-115: Av. Canadá@76.5-10: Av. Canadá@2.3 | | SW-NE | 38.5 | 154.7 | 3 | 24.72 | 0.55 |
| AVG | 300-3900 | 4-116: Av. Canadá@42.9-12: Av. Canadá@1.8 | | NE-SW | 32.21 | 178.09 | 2 | 20.62 | 0.95 |
| AVG | 300-3900 | 4-116: Av. Canadá@42.9-19: Av. San Luis@1.8 | | NE-N | 32.21 | 178.09 | 4 | 32.15 | 1.62 |
| AVG | 300-3900 | 4-119@95.9-22: Av. San Luis@28.9 | | NE-S | 2.06 | 24.62 | 3 | 32.26 | 1.06 |
| AVG | 300-3900 | | 4 | Total | 48.23 | 340.27 | 4 | 46.23 | 1.23 |
| AVG | 300-3900 | 5-4@52.1-14: Av. Canadá@1.8 | | E-W | 6.52 | 55.23 | 1 | 5.14 | 0.25 |
| AVG | 300-3900 | 5-4@52.1-38: Av. De la Arqueología@1.5 | | E-S | 2.15 | 50.3 | 3 | 16.25 | 1.03 |
| AVG | 300-3900 | 5-36: Av. De la Arqueología@272.9-8: Av. Canadá@2.4 | | S-E | 2.75 | 26.51 | 4 | 41.75 | 0.98 |
| AVG | 300-3900 | 5-37@26.2-14: Av. Canadá@1.8 | | S-W | 14.75 | 61.25 | 5 | 74.25 | 1.62 |
| AVG | 300-3900 | 5-37@26.2-38: Av. De la Arqueología@1.5 | | S-S | 14.75 | 61.25 | 5 | 62.15 | 1.95 |
| AVG | 300-3900 | 5-114: Av. Canadá@37.0-8: Av. Canadá@2.4 | | W-E | 23.75 | 109.68 | 2 | 12.57 | 0.36 |
| AVG | 300-3900 | 5-114: Av. Canadá@37.0-14: Av. Canadá@1.8 | | W-W | 23.75 | 109.68 | 3 | 22.16 | 1.98 |
| AVG | 300-3900 | 5-114: Av. Canadá@37.0-38: Av. De la Arqueología@1.5 | | W-S | 23.75 | 109.68 | 2 | 16.98 | 0.95 |
| AVG | 300-3900 | 5-10037@0.2-8: Av. Canadá@2.4 | | E-E | 2.15 | 65.42 | 1 | 2.15 | 0.02 |
| AVG | 300-3900 | | 5 | Total | 9.9 | 106.53 | 2 | 12.52 | 0.42 |

# Propuesta de Mejora 3 (AM / PM)

**HORARIO AM**

| $VISION $MOVEMENT | TIMEINT | MOVEMENT | MOVEMENT\D | QLEN | QLENMAX | LOSVAL(ALL) | VEHDELAY(ALL) | STOPS(ALL) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| AVG | 900-3900 | 1-110: Av. Canadá@53.3-7: Av. Canadá@2.8 | W-E | 235.99 | 355.07 | 4 | 57.29 | 1.11 |
| AVG | 900-3900 | 1-110: Av. Canadá@53.3-16: Av. Canadá@2.3 | W-W | 235.99 | 355.07 | 6 | 101.01 | 1.83 |
| AVG | 900-3900 | 1-110: Av. Canadá@53.3-29: Av. aviación@1.8 | W-S | 235.99 | 355.07 | 5 | 63.39 | 1.82 |
| AVG | 900-3900 | 1-110: Av. Canadá@53.3-34: Av. Aviación@1.6 | W-N | 235.99 | 355.07 | 6 | 170.06 | 3.3 |
| AVG | 900-3900 | 1-111: Av. Canadá@45.0-7: Av. Canadá@2.8 | E-E | 44.75 | 170.29 | 6 | 130.03 | 1 |
| AVG | 900-3900 | 1-111: Av. Canadá@45.0-16: Av. Canadá@2.3 | E-W | 44.75 | 170.29 | 4 | 43.89 | 0.88 |
| AVG | 900-3900 | 1-111: Av. Canadá@45.0-29: Av. aviación@1.8 | E-S | 44.75 | 170.29 | 6 | 97.42 | 2.57 |
| AVG | 900-3900 | 1-111: Av. Canadá@45.0-34: Av. Aviación@1.6 | E-N | 44.75 | 170.29 | 5 | 57.71 | 2.32 |
| AVG | 900-3900 | 1-112: Av. aviación@40.1-7: Av. Canadá@2.8 | S-E | 314.12 | 349.01 | 6 | 134.06 | 2.38 |
| AVG | 900-3900 | 1-112: Av. aviación@40.1-16: Av. Canadá@2.3 | S-W | 349.24 | 384.13 | 6 | 206.38 | 4.06 |
| AVG | 900-3900 | 1-112: Av. aviación@40.1-29: Av. aviación@1.8 | S-S | 215.25 | 323.35 | 6 | 273.08 | 3.21 |
| AVG | 900-3900 | 1-112: Av. aviación@40.1-34: Av. Aviación@1.6 | S-N | 314.12 | 349.01 | 6 | 140.77 | 2 |
| AVG | 900-3900 | 1-113: Av. Aviación@37.1-7: Av. Canadá@2.8 | N-E | 219.41 | 288.4 | 6 | 169.19 | 3.01 |
| AVG | 900-3900 | 1-113: Av. Aviación@37.1-16: Av. Canadá@2.3 | N-W | 219.41 | 288.4 | 6 | 169.45 | 2.58 |
| AVG | 900-3900 | 1-113: Av. Aviación@37.1-29: Av. aviación@1.8 | N-S | 219.41 | 288.4 | 6 | 148.6 | 1.8 |
| AVG | 900-3900 | 1-113: Av. Aviación@37.1-34: Av. Aviación@1.6 | N-N | 219.41 | 288.4 | 6 | 273.57 | 3.75 |
| AVG | 900-3900 | | 1 Total | 229.79 | 397.29 | 6 | 118.15 | 1.92 |
| AVG | 900-3900 | 4-9@34.7-19: Av. San Luis@1.8 | SW-N | 118.37 | 240.92 | 6 | 292.95 | 2.68 |
| AVG | 900-3900 | 4-17: Av. San Luis@442.3-12: Av. Canadá@1.8 | N-SW | 409.83 | 449.8 | 6 | 145.51 | 2.22 |
| AVG | 900-3900 | 4-17: Av. San Luis@442.3-22: Av. San Luis@28.9 | N-S | 409.83 | 449.8 | 6 | 144.75 | 2.01 |
| AVG | 900-3900 | 4-18: Av. Canadá@24.5-10: Av. Canadá@2.3 | N-NE | 322.24 | 361.57 | 6 | 392.36 | 4.02 |
| AVG | 900-3900 | 4-18: Av. Canadá@24.5-19: Av. San Luis@1.8 | N-N | 322.24 | 361.57 | | | |
| AVG | 900-3900 | 4-20: Av. San Luis@417.5-10: Av. Canadá@2.3 | S-NE | 410.18 | 424.29 | 6 | 147.55 | 1.72 |
| AVG | 900-3900 | 4-20: Av. San Luis@417.5-19: Av. San Luis@1.8 | S-N | 410.18 | 424.29 | 6 | 143.87 | 1.57 |
| AVG | 900-3900 | 4-20: Av. San Luis@417.5-10036@44.7 | S-SW | 410.18 | 424.29 | 6 | 213.15 | 3.55 |
| AVG | 900-3900 | 4-21: Av. San Luis@20.6-12: Av. Canadá@1.8 | S-SW | 382.73 | 396.83 | 6 | 448.66 | 4.37 |
| AVG | 900-3900 | 4-21: Av. San Luis@20.6-22: Av. San Luis@28.9 | S-S | 382.73 | 396.83 | | | |
| AVG | 900-3900 | 4-39@1.9-22: Av. San Luis@28.9 | W-S | 22.08 | 157.51 | 3 | 23.28 | 1.06 |
| AVG | 900-3900 | 4-115: Av. Canadá@75.1-10: Av. Canadá@2.3 | SW-NE | 81.01 | 208.43 | 3 | 24.74 | 0.39 |
| AVG | 900-3900 | 4-115: Av. Canadá@75.1-19: Av. San Luis@1.8 | SW-N | 81.01 | 208.43 | 6 | 100.72 | 2.34 |
| AVG | 900-3900 | 4-116: Av. Canadá@43.1-12: Av. Canadá@1.8 | NE-SW | 323.19 | 396.53 | 5 | 77.24 | 1.58 |
| AVG | 900-3900 | 4-116: Av. Canadá@43.1-19: Av. San Luis@1.8 | NE-N | 323.19 | 396.53 | 5 | 68.16 | 1.33 |
| AVG | 900-3900 | 4-116: Av. Canadá@43.1-22: Av. San Luis@28.9 | NE-S | 323.19 | 396.53 | 5 | 89.88 | 2.23 |
| AVG | 900-3900 | | 4 Total | 258.7 | 470.12 | 5 | 93.43 | 1.36 |
| AVG | 900-3900 | 5-12: Av. Canadá@371.1-14: Av. Canadá@1.8 | E-W | 312.76 | 407.31 | 3 | 25.94 | 0.75 |
| AVG | 900-3900 | 5-13@17.6-8: Av. Canadá@2.4 | E-E | 237.27 | 335.7 | 6 | 367.91 | 3.5 |
| AVG | 900-3900 | 5-13@17.6-38: Av. De la Arqueología@1.5 | E-S | 237.27 | 335.7 | 6 | 354.3 | 4.43 |
| AVG | 900-3900 | 5-36: Av. De la Arqueología@272.9-8: Av. Canadá@2.4 | S-E | 56.5 | 108.87 | 5 | 66.94 | 1.23 |
| AVG | 900-3900 | 5-37@26.2-14: Av. Canadá@1.8 | S-W | 7.04 | 47.08 | 6 | 203.47 | 1.97 |
| AVG | 900-3900 | 5-37@26.2-38: Av. De la Arqueología@1.5 | S-S | 169.98 | 217.29 | 6 | 172.54 | 1.43 |
| AVG | 900-3900 | 5-114: Av. Canadá@37.0-8: Av. Canadá@2.4 | W-E | 207.86 | 337.22 | 3 | 37.53 | 1.18 |
| AVG | 900-3900 | 5-114: Av. Canadá@37.0-14: Av. Canadá@1.8 | W-W | 207.86 | 337.22 | 3 | 31.21 | 1.26 |
| AVG | 900-3900 | 5-114: Av. Canadá@37.0-38: Av. De la Arqueología@1.5 | W-S | 207.86 | 337.22 | 4 | 45.36 | 2.31 |
| AVG | 900-3900 | | 5 Total | 165.24 | 475.79 | 4 | 44.33 | 1.19 |

**HORARIO PM**

$VISION

| $MOVEMENT | TIMEINT | MOVEMENT | MOVEMENT\I | QLEN | QLENMAX | LOSVAL(ALL) | VEHDELAY(ALL) | STOPS(ALL) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| AVG | 900-3900 | 1-110: Av. Canadá@53.3-7: Av. Canadá@2.8 | W-E | 278.59 | 373.3 | 4 | 56.37 | 0.95 |
| AVG | 900-3900 | 1-110: Av. Canadá@53.3-16: Av. Canadá@2.3 | W-W | 278.59 | 373.3 | 4 | 47.29 | 0.62 |
| AVG | 900-3900 | 1-110: Av. Canadá@53.3-29: Av. aviación@1.8 | W-S | 278.59 | 373.3 | 5 | 58.43 | 1.65 |
| AVG | 900-3900 | 1-110: Av. Canadá@53.3-34: Av. Aviación@1.6 | W-N | 278.59 | 373.3 | 6 | 116.23 | 2.85 |
| AVG | 900-3900 | 1-111: Av. Canadá@45.0-7: Av. Canadá@2.8 | E-E | 16.74 | 94.54 | 6 | 97.89 | 4 |
| AVG | 900-3900 | 1-111: Av. Canadá@45.0-16: Av. Canadá@2.3 | E-W | 16.74 | 94.54 | 4 | 40.86 | 0.82 |
| AVG | 900-3900 | 1-111: Av. Canadá@45.0-29: Av. aviación@1.8 | E-S | 16.74 | 94.54 | 6 | 108.96 | 2.79 |
| AVG | 900-3900 | 1-111: Av. Canadá@45.0-34: Av. Aviación@1.6 | E-N | 16.74 | 94.54 | 4 | 51.43 | 2.3 |
| AVG | 900-3900 | 1-112: Av. aviación@40.1-7: Av. Canadá@2.8 | S-E | 322.68 | 348.89 | 6 | 124.36 | 2.56 |
| AVG | 900-3900 | 1-112: Av. aviación@40.1-16: Av. Canadá@2.3 | S-W | 357.81 | 384.01 | 6 | 223.66 | 4.75 |
| AVG | 900-3900 | 1-112: Av. aviación@40.1-29: Av. aviación@1.8 | S-S | 277.72 | 373.27 | 6 | 277.56 | 3.49 |
| AVG | 900-3900 | 1-112: Av. aviación@40.1-34: Av. Aviación@1.6 | S-N | 322.68 | 348.89 | 6 | 141.31 | 2.19 |
| AVG | 900-3900 | 1-113: Av. Aviación@37.1-7: Av. Canadá@2.8 | N-E | 251.05 | 289.94 | 6 | 232.73 | 4.64 |
| AVG | 900-3900 | 1-113: Av. Aviación@37.1-16: Av. Canadá@2.3 | N-W | 251.05 | 289.94 | 6 | 163.31 | 2.03 |
| AVG | 900-3900 | 1-113: Av. Aviación@37.1-29: Av. aviación@1.8 | N-S | 251.05 | 289.94 | 6 | 188.01 | 2.12 |
| AVG | 900-3900 | 1-113: Av. Aviación@37.1-34: Av. Aviación@1.6 | N-N | 251.05 | 289.94 | 6 | 657.57 | 7.64 |
| AVG | 900-3900 | | 1 Total | 250.76 | 401.77 | 6 | 136.29 | 2.25 |
| AVG | 900-3900 | 4-9@34.7-19: Av. San Luis@1.9 | SW-N | 141.12 | 208.28 | 6 | 272.49 | 2.51 |
| AVG | 900-3900 | 4-17: Av. San Luis@442.3-12: Av. Canadá@1.8 | N-SW | 427.98 | 446.41 | 6 | 883.07 | 4.05 |
| AVG | 900-3900 | 4-17: Av. San Luis@442.3-22: Av. San Luis@28.9 | N-S | 427.98 | 446.41 | 6 | 241.02 | 2.3 |
| AVG | 900-3900 | 4-18: Av. Canadá@24.4-10: Av. Canadá@2.3 | N-NE | 255.08 | 271.59 | 6 | 425.61 | 3.53 |
| AVG | 900-3900 | 4-18: Av. Canadá@24.4-19: Av. San Luis@1.9 | N-N | 255.08 | 271.59 | | | |
| AVG | 900-3900 | 4-20: Av. San Luis@417.5-10: Av. Canadá@2.3 | S-NE | 415.38 | 423.62 | 6 | 1164.21 | 11.72 |
| AVG | 900-3900 | 4-20: Av. San Luis@417.5-19: Av. San Luis@1.9 | S-N | 415.38 | 423.62 | 6 | 454.28 | 3.18 |
| AVG | 900-3900 | 4-20: Av. San Luis@417.5-10036@44.7 | S-SW | 415.38 | 423.62 | 6 | 152.59 | 2.38 |
| AVG | 900-3900 | 4-21: Av. San Luis@20.6-12: Av. Canadá@1.8 | S-SW | 414.56 | 422.8 | 6 | 376.44 | 3.83 |
| AVG | 900-3900 | 4-21: Av. San Luis@20.6-22: Av. San Luis@28.9 | S-S | 414.56 | 422.8 | | | |
| AVG | 900-3900 | 4-39@1.9-22: Av. San Luis@28.9 | W-S | 65.82 | 141.75 | 2 | 15.53 | 0.72 |
| AVG | 900-3900 | 4-115: Av. Canadá@75.1-10: Av. Canadá@2.3 | SW-NE | 67.27 | 139.79 | 2 | 14.51 | 0.25 |
| AVG | 900-3900 | 4-115: Av. Canadá@75.1-19: Av. San Luis@1.9 | SW-N | 67.27 | 139.79 | 6 | 176.25 | 2.39 |
| AVG | 900-3900 | 4-116: Av. Canadá@43.1-12: Av. Canadá@1.8 | NE-SW | 342.13 | 393.68 | 5 | 69.49 | 1.9 |
| AVG | 900-3900 | 4-116: Av. Canadá@43.1-19: Av. San Luis@1.9 | NE-N | 342.13 | 393.68 | 4 | 55.06 | 1.45 |
| AVG | 900-3900 | 4-116: Av. Canadá@43.1-22: Av. San Luis@28.9 | NE-S | 342.13 | 393.68 | 5 | 74.31 | 2.43 |
| AVG | 900-3900 | | 4 Total | 266.17 | 469.16 | 6 | 354.23 | 3.19 |
| AVG | 900-3900 | 5-12: Av. Canadá@371.1-14: Av. Canadá@1.8 | E-W | 427.36 | 466.9 | 3 | 33.68 | 0.69 |
| AVG | 900-3900 | 5-13@17.6-8: Av. Canadá@2.4 | E-E | 287.27 | 326.26 | | | |
| AVG | 900-3900 | 5-13@17.6-38: Av. De la Arqueología@1.5 | E-S | 287.27 | 326.26 | 6 | 460.17 | 4.35 |
| AVG | 900-3900 | 5-36: Av. De la Arqueología@272.9-8: Av. Canadá@2.4 | S-E | 57.3 | 82.51 | 4 | 59.58 | 1.39 |
| AVG | 900-3900 | 5-37@26.2-14: Av. Canadá@1.8 | S-W | 199.2 | 233.37 | 5 | 76.88 | 0.98 |
| AVG | 900-3900 | 5-37@26.2-38: Av. De la Arqueología@1.5 | S-S | 199.2 | 233.37 | 5 | 77.58 | 0.88 |
| AVG | 900-3900 | 5-114: Av. Canadá@37.0-8: Av. Canadá@2.4 | W-E | 262.73 | 354.11 | 3 | 43.03 | 1.18 |
| AVG | 900-3900 | 5-114: Av. Canadá@37.0-14: Av. Canadá@1.8 | W-W | 262.73 | 354.11 | 2 | 22.53 | 0.39 |
| AVG | 900-3900 | 5-114: Av. Canadá@37.0-38: Av. De la Arqueología@1.5 | W-S | 262.73 | 354.11 | 4 | 50.41 | 2.49 |
| AVG | 900-3900 | | 5 Total | 246.77 | 467.1 | 3 | 40.69 | 1.01 |

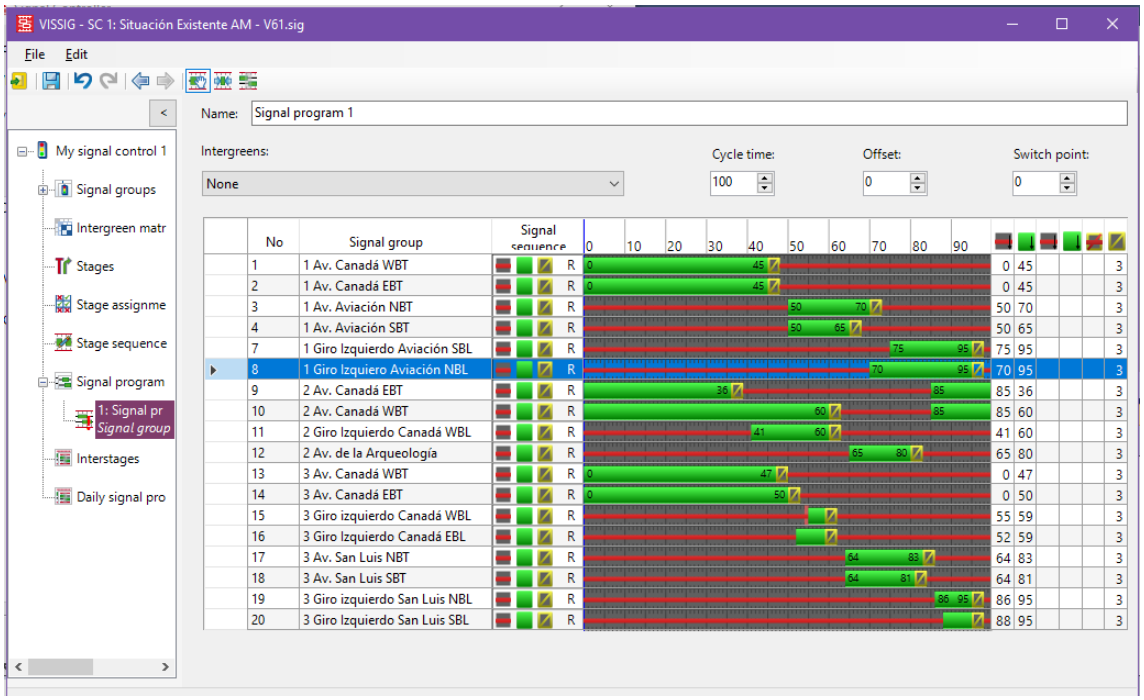
# ANEXO 5

## Ciclos y Fases Semafóricas de las Propuestas de Mejora

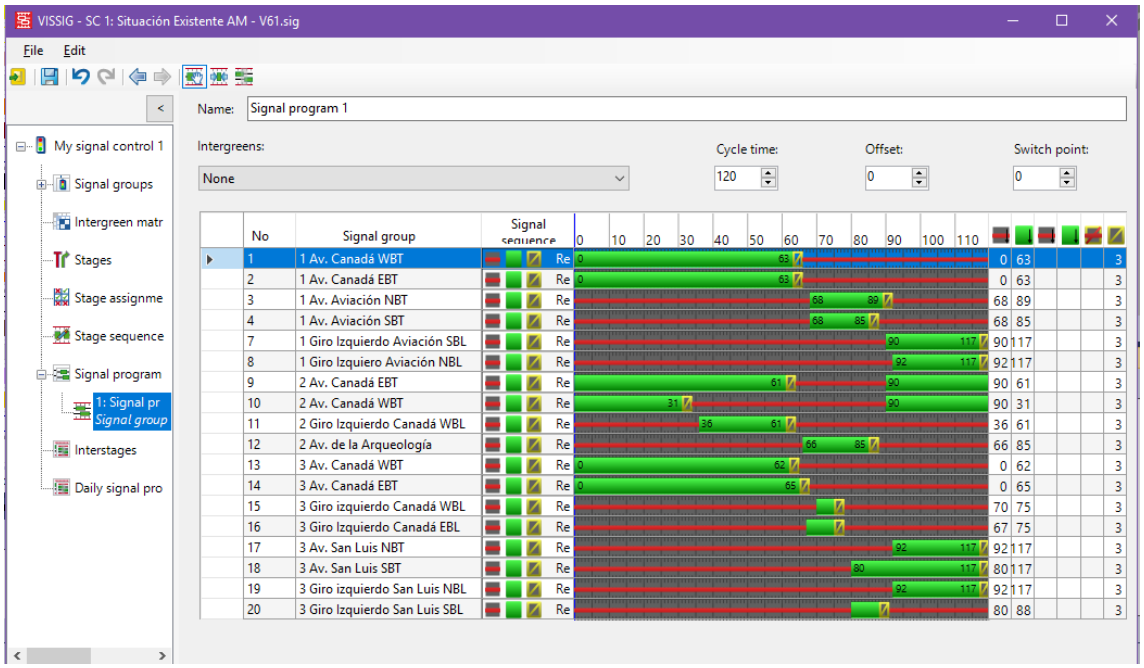
# Propuesta 1 (AM / PM)

# HORARIO AM

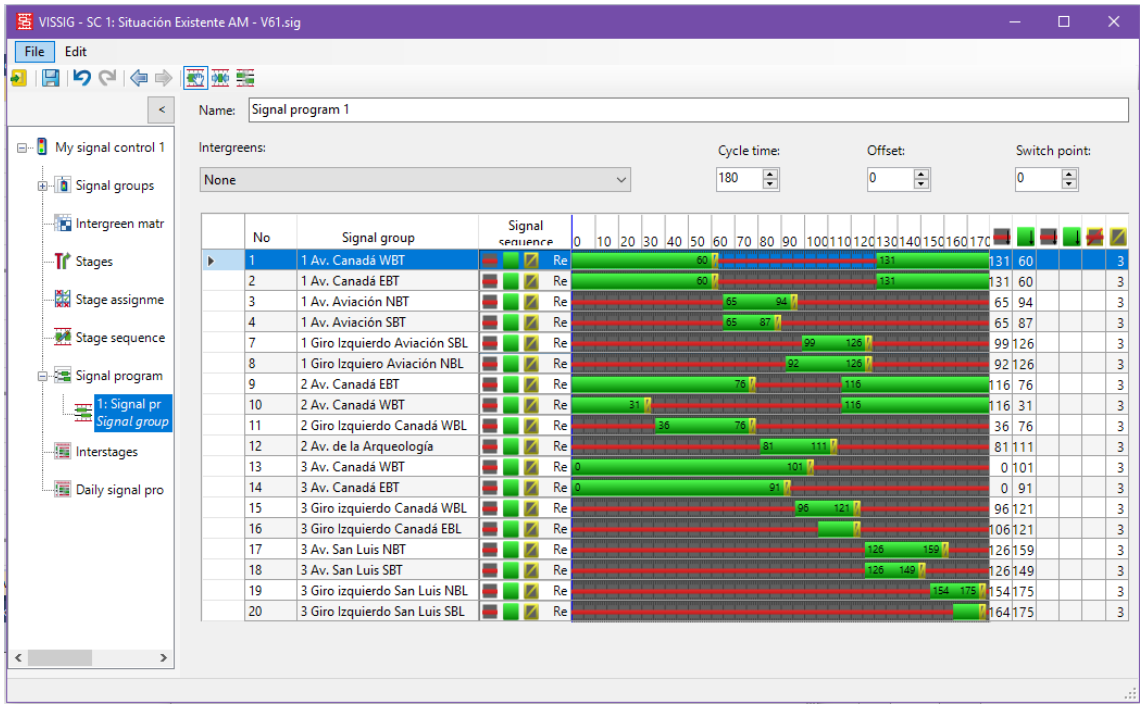
Semaforización - Horario AM (Ciclo 100 segundos)



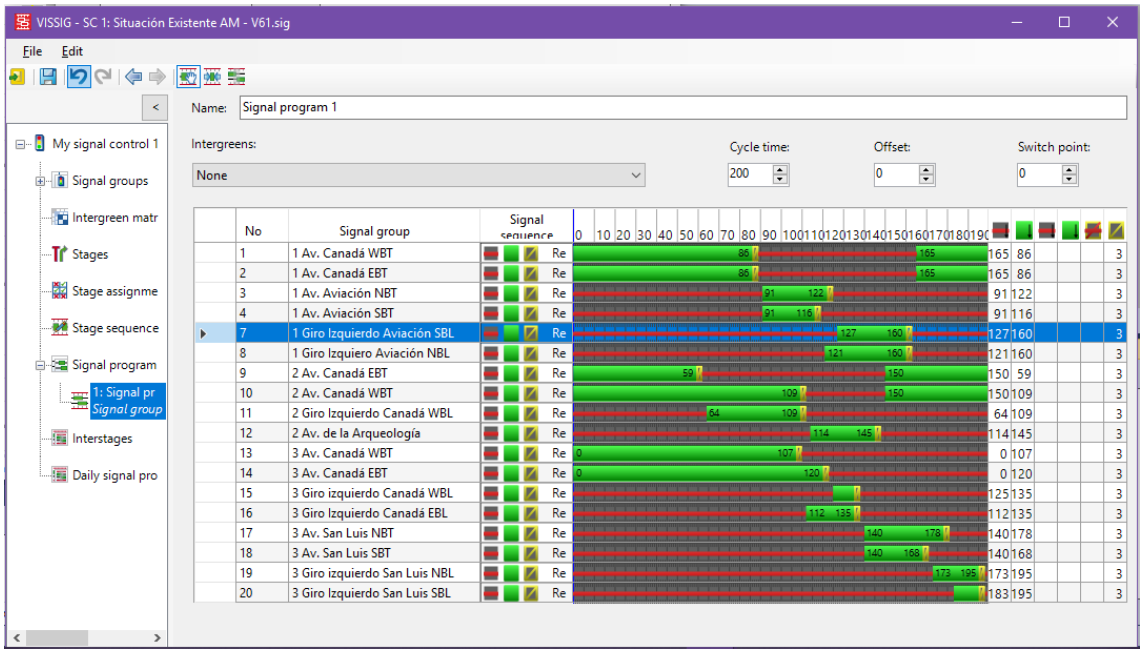

Semaforización - Horario AM (Ciclo 120 segundos)



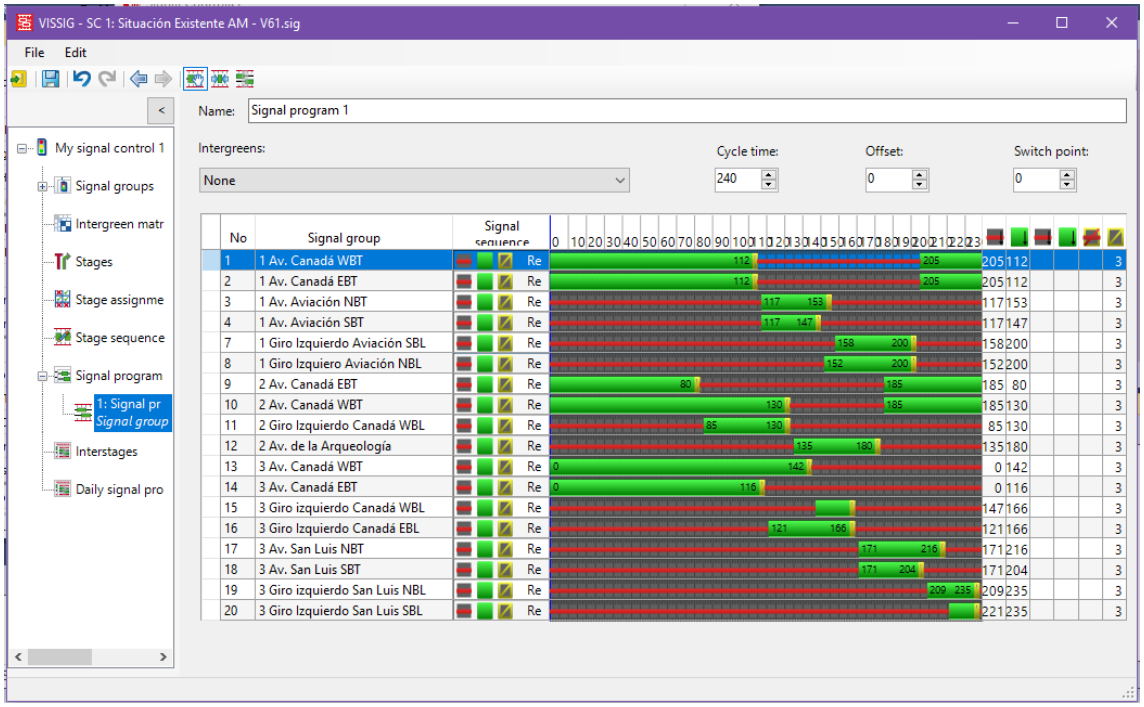
***Semaforización - Horario AM (Ciclo 180 segundos)***




Semaforización - Horario AM (Ciclo 200 segundos)

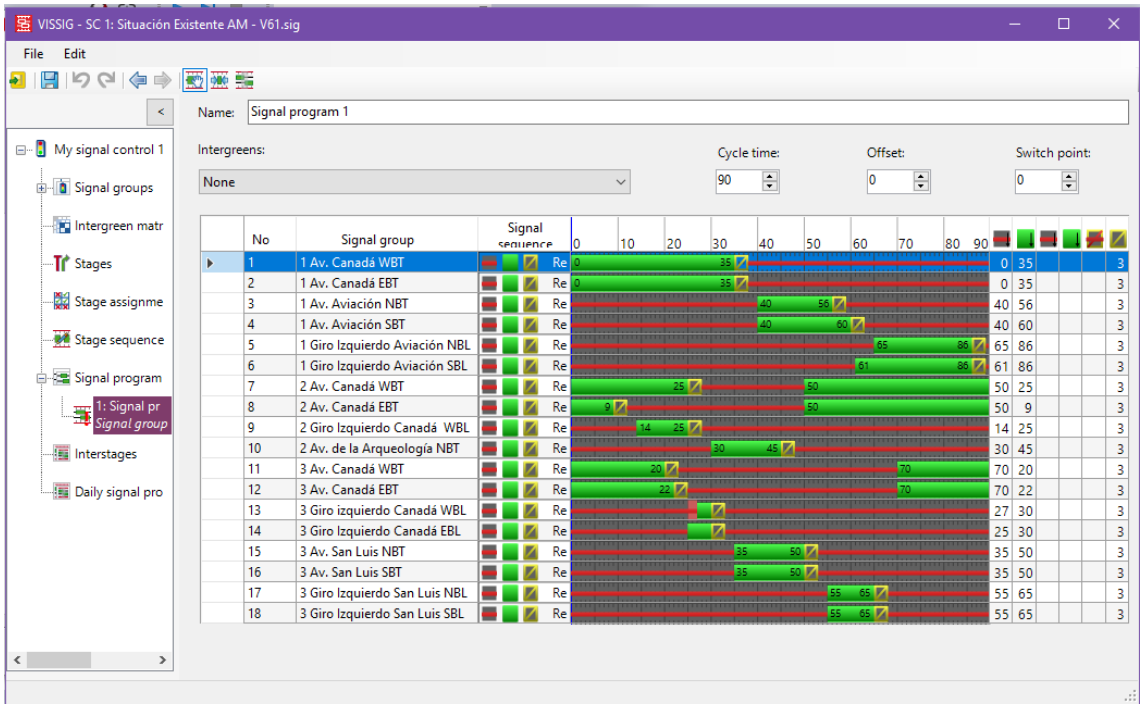


Semaforización - Horario AM (Ciclo 240 segundos)

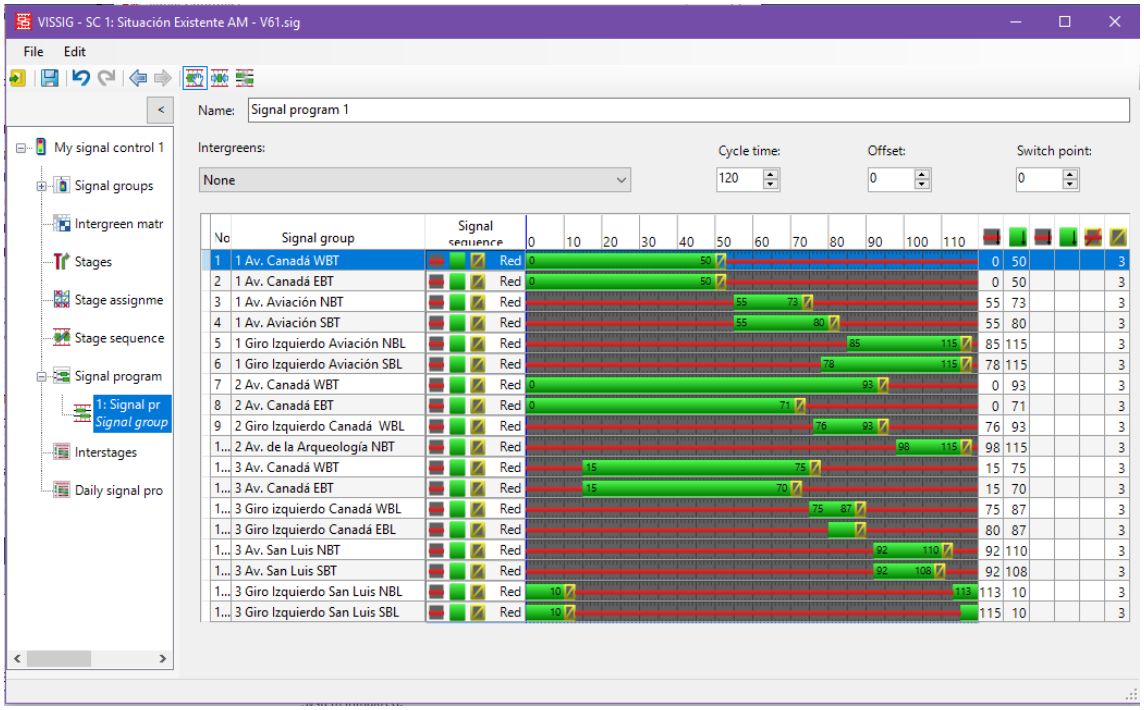



HORARIO PM

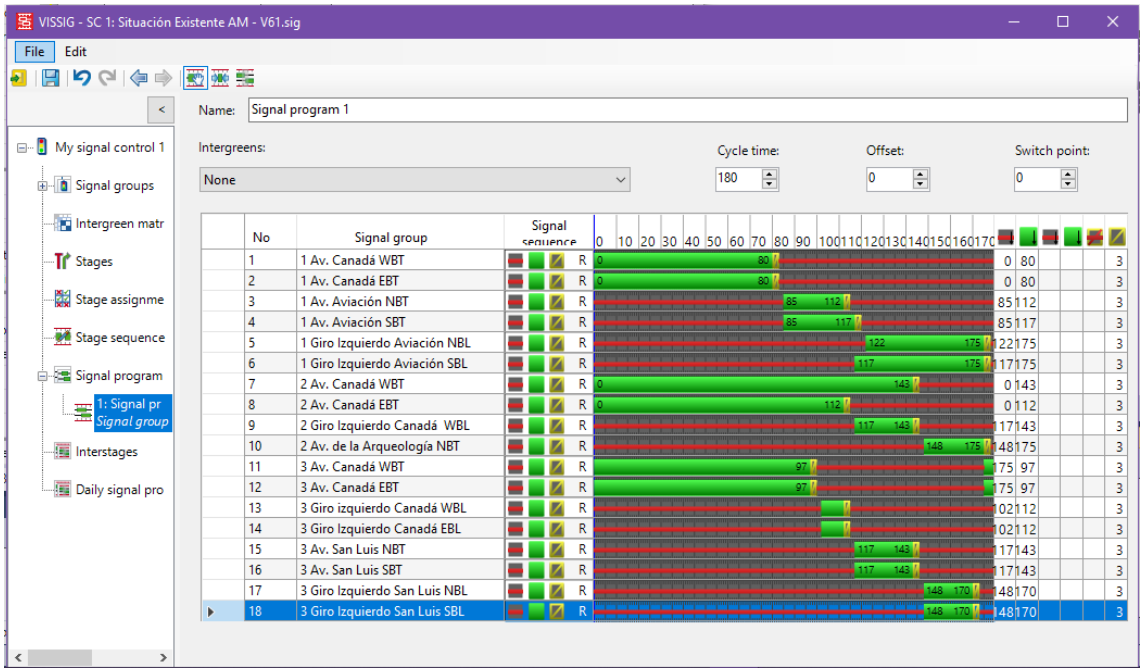
Semaforización - Horario PM (Ciclo 90 segundos)



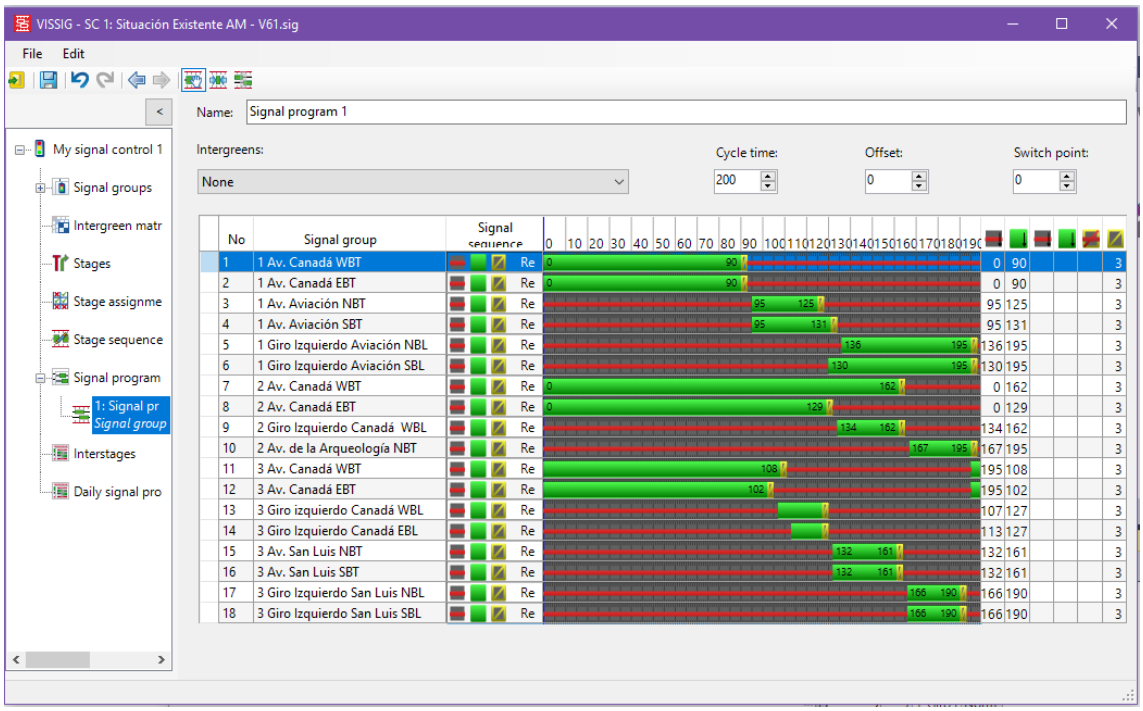
***Semaforización - Horario PM (Ciclo 120 segundos)***



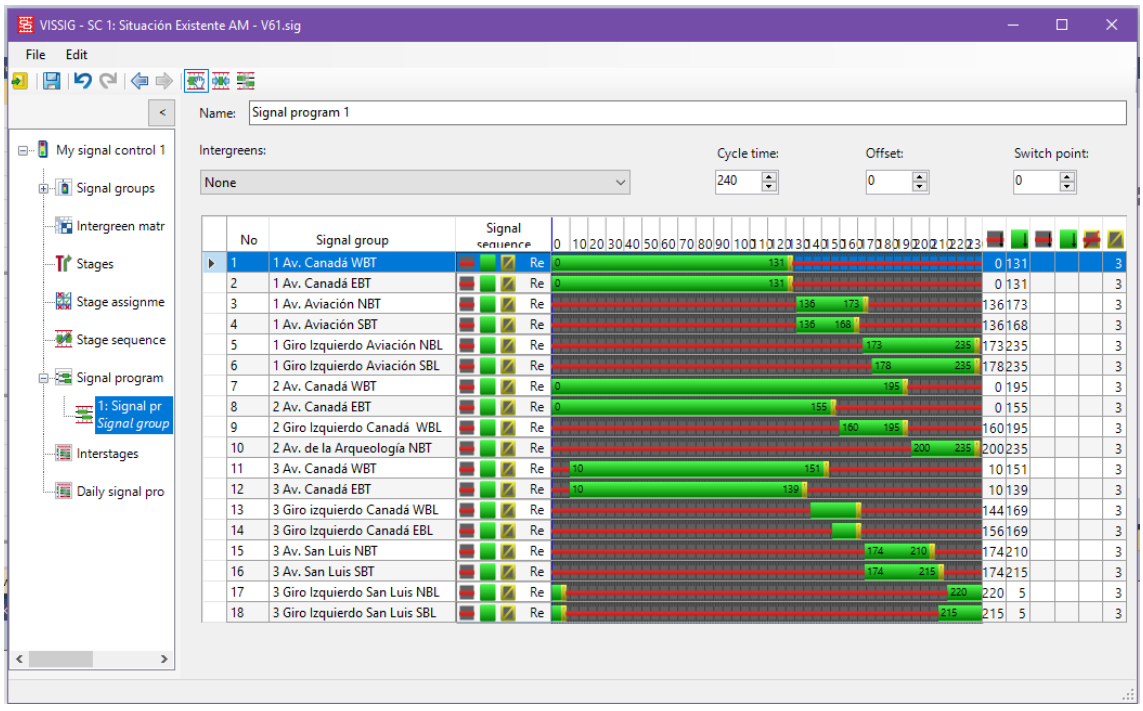

Semaforización - Horario PM (Ciclo 180 segundos)



Semaforización - Horario PM (Ciclo 200 segundos)



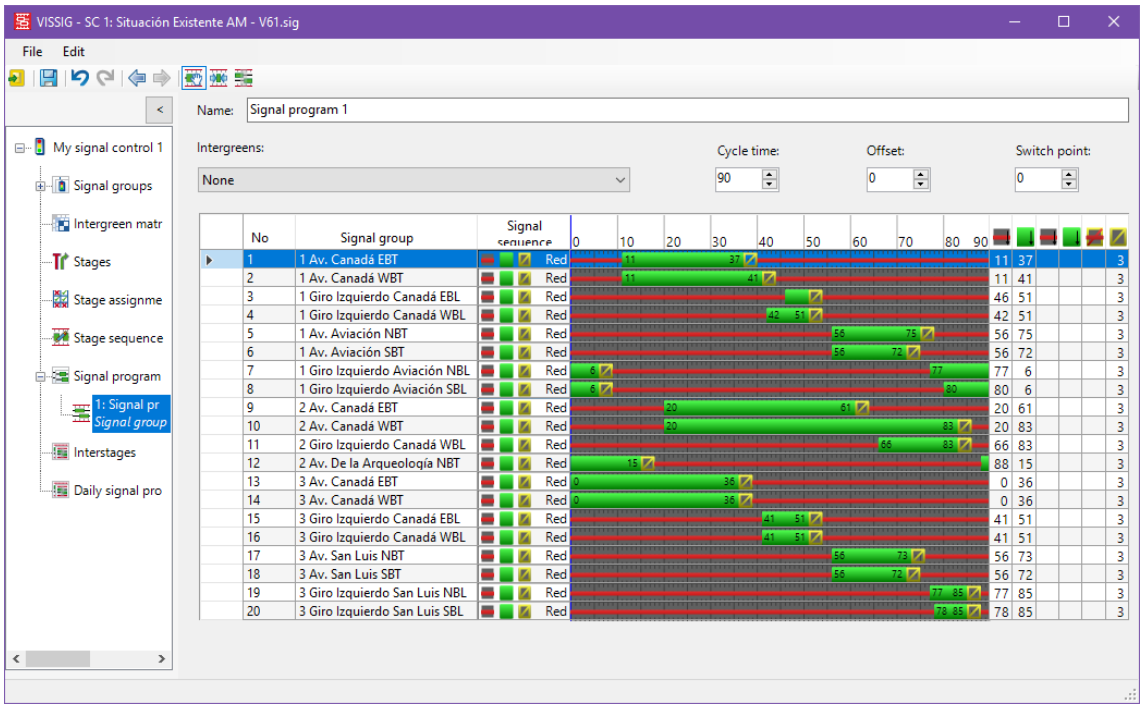

Semaforización - Horario PM (Ciclo 240 segundos)



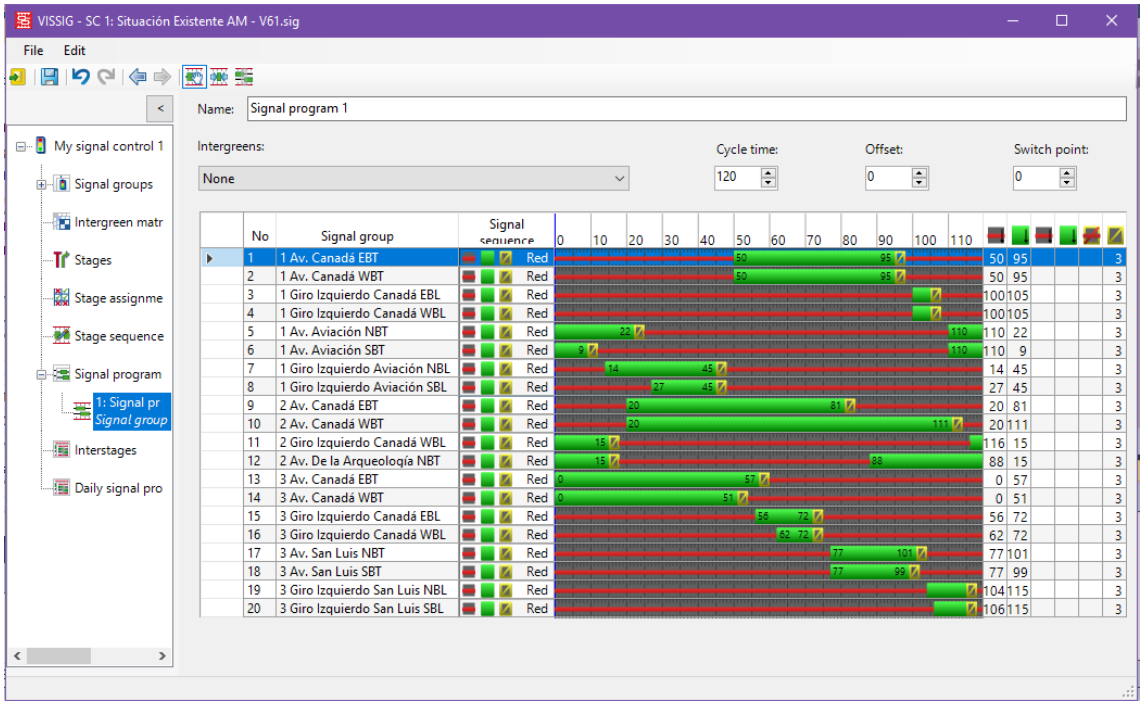
**Propuesta 2 (AM / PM)**

# HORARIO AM

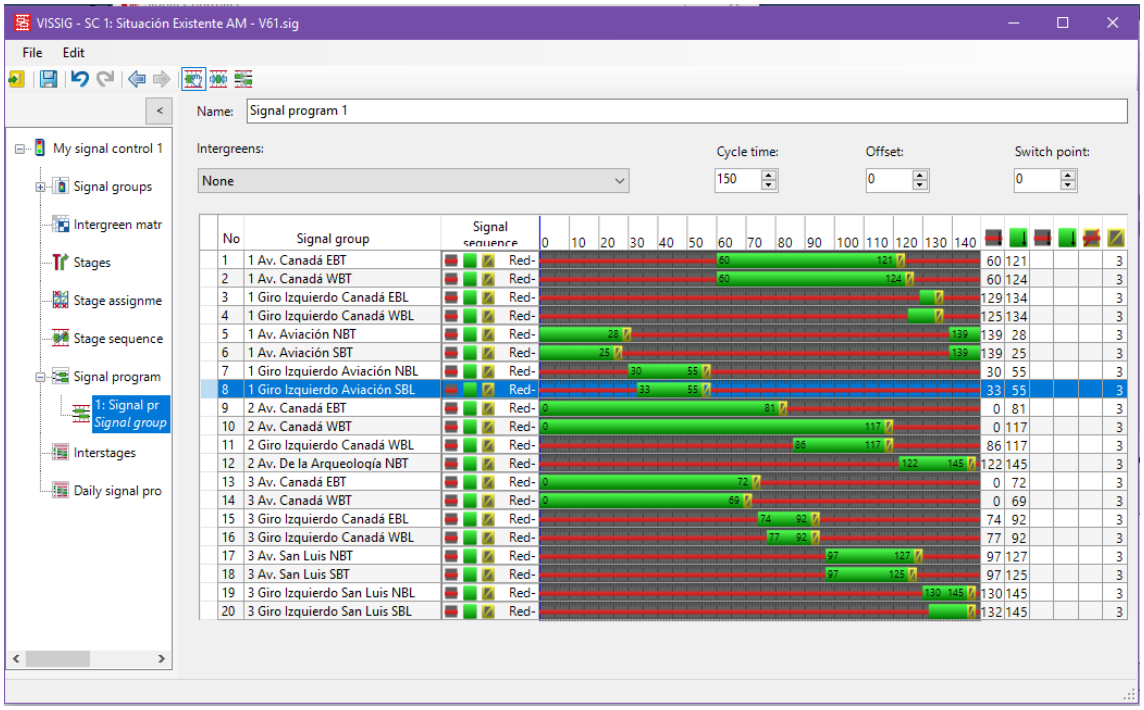
Semaforización - Horario AM (Ciclo 90 segundos)



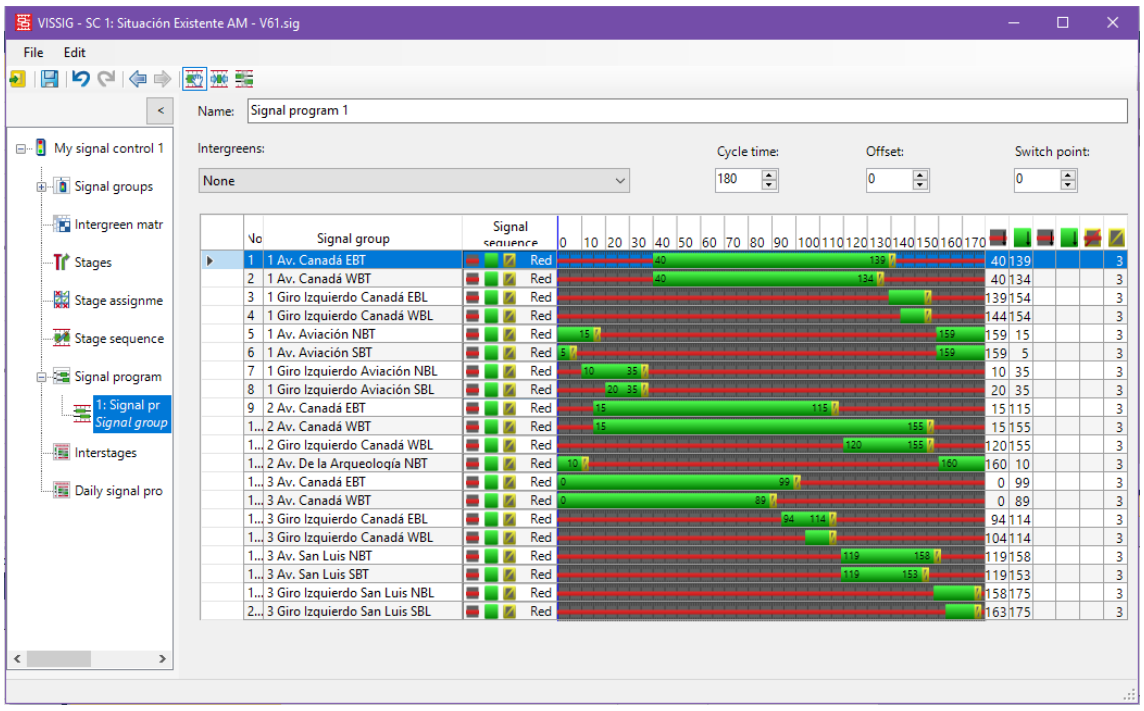

Semaforización - Horario AM (Ciclo 120 segundos)



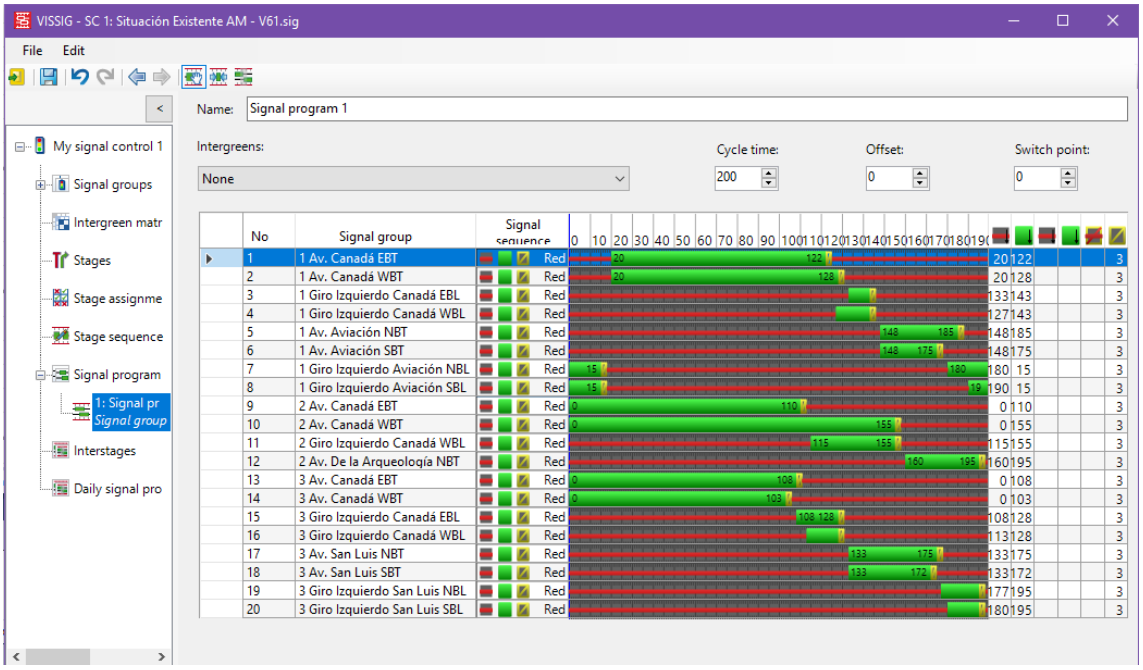
Semaforización - Horario AM (Ciclo 150 segundos)




***Semaforización - Horario AM (Ciclo 180 segundos)***

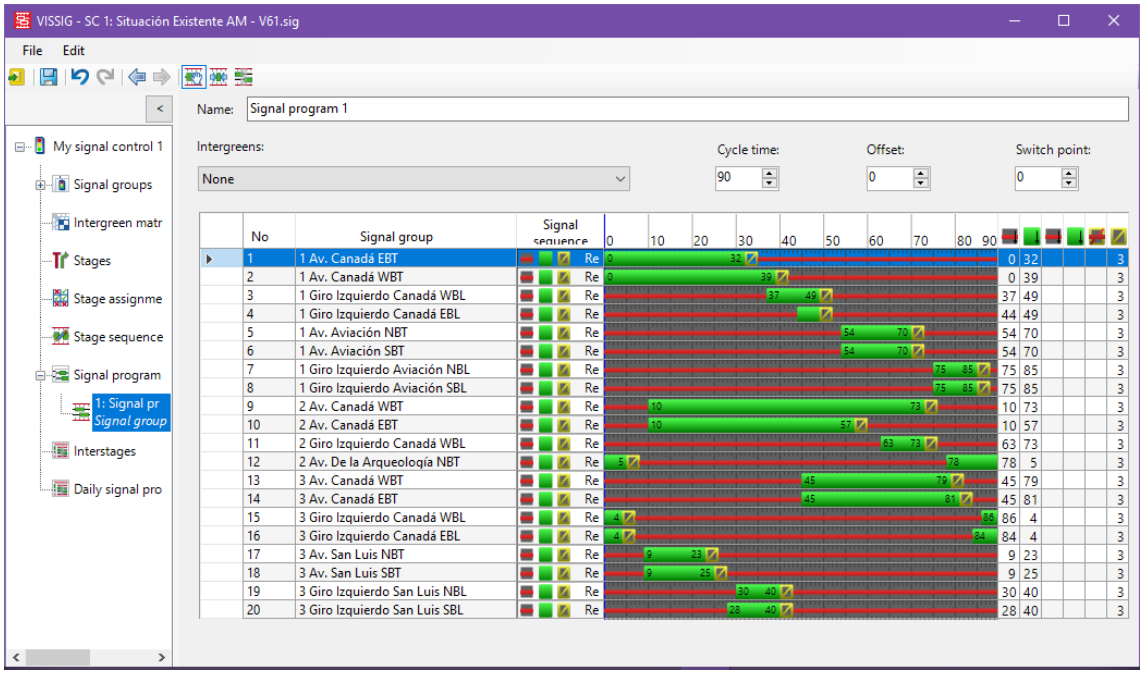


Semaforización - Horario AM (Ciclo 200 segundos)

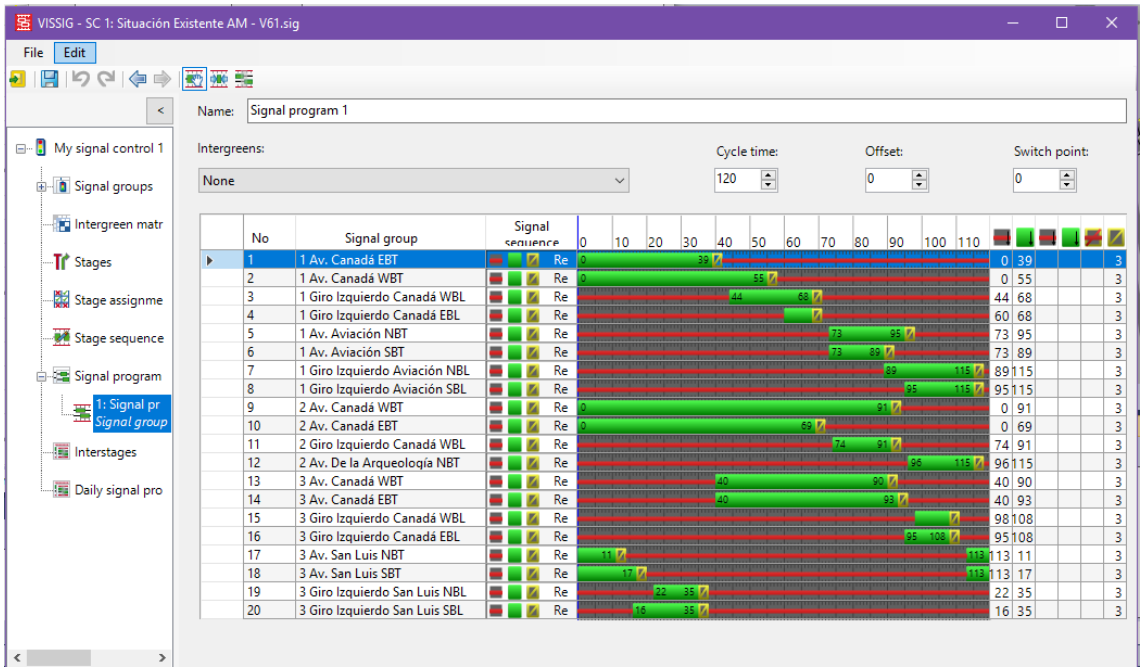



## HORARIO PM

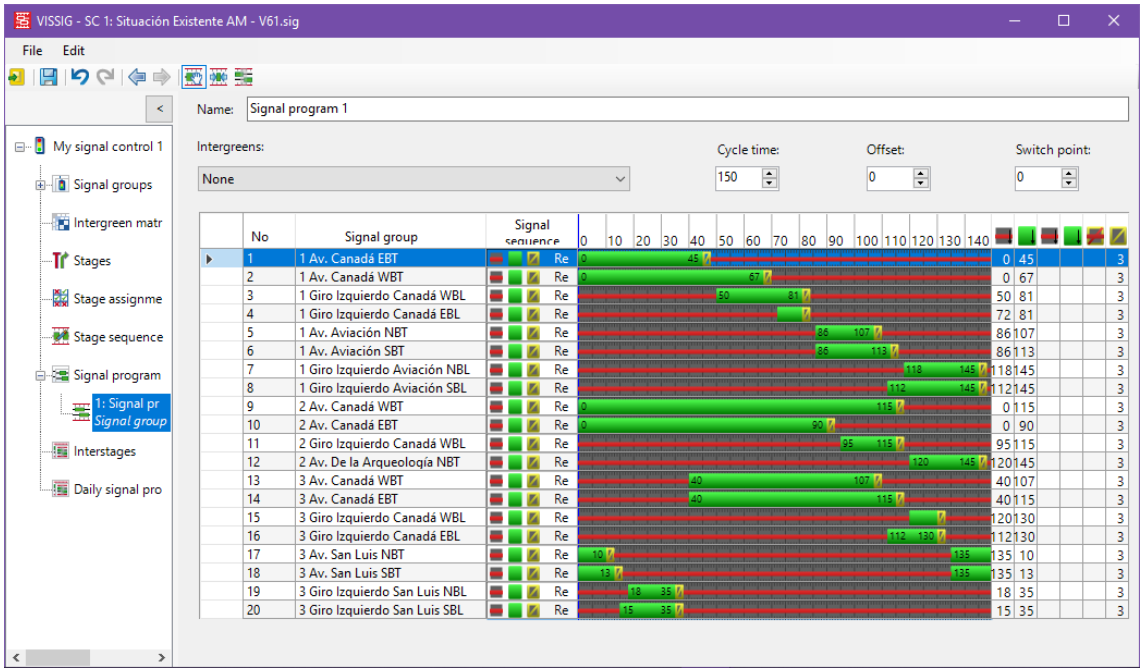
Semaforización - Horario PM (Ciclo 90 segundos)



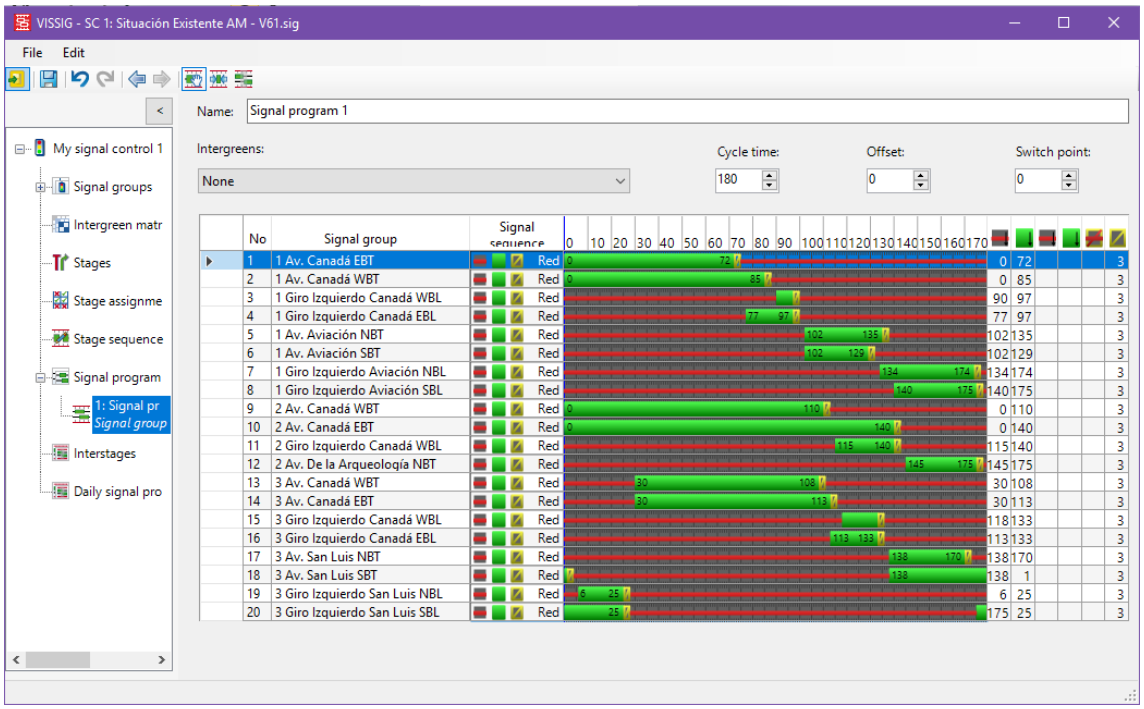
***Semaforización - Horario PM (Ciclo 120 segundos)***



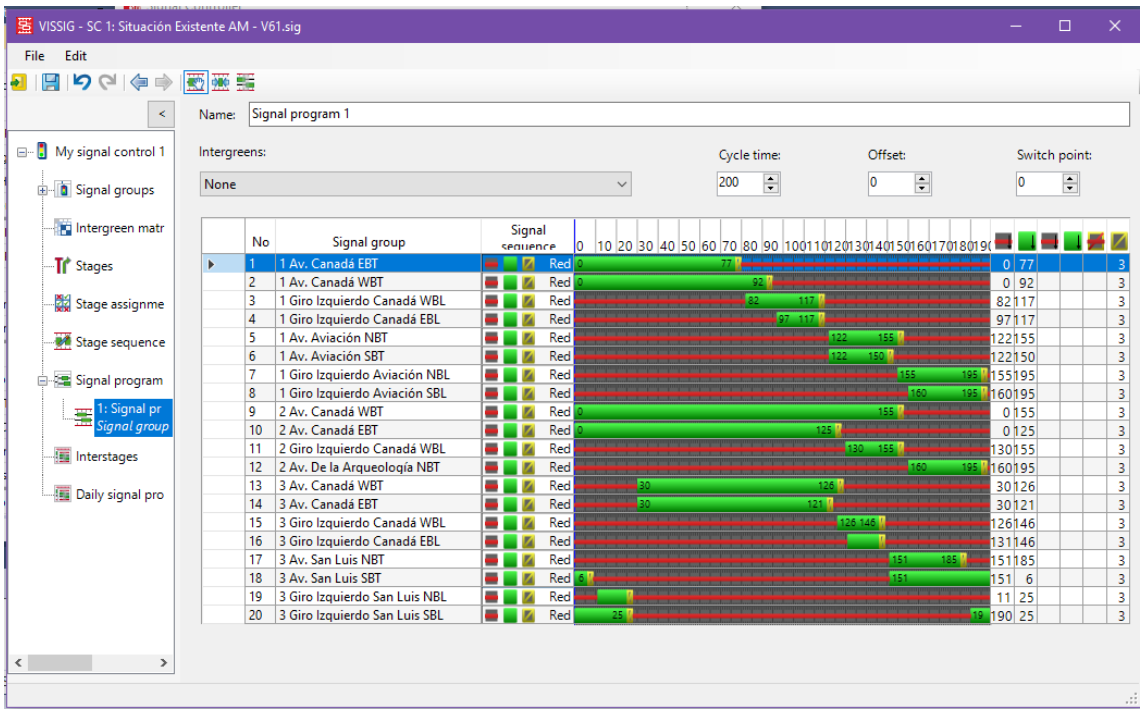

Semaforización - Horario PM (Ciclo 150 segundos)



Semaforización - Horario PM (Ciclo 180 segundos)




Semaforización - Horario PM (Ciclo 200 segundos)



# ANEXO 6

## Sistemas de Semaforización Inteligente

# Sistemas de Semaforización Inteligente

## Semáforos inteligentes

¿Qué es un semáforo inteligente?, para comenzar con la implementación de este tipo de semaforización a la intersección, es necesario tener una idea de cómo funciona y a que se considera semáforo inteligente.

Según Anorozo, es considerado semáforo inteligente a todo aquel capaz de tomar decisiones dependiendo de una serie de parámetros de entrada (flujo de vehículos, velocidad media, identificar la calle, entre otros). En otras palabras, tiene un comportamiento dinámico y se ajusta a varios parámetros.

La implementación de estos semáforos, presenta soluciones para varios problemas de tránsito.

- Congestión vehicular
- Tiempos excesivos de viaje
- Esperas innecesarias
- Gasto de combustible
- Contaminación del medio ambiente

## Tecnologías

Existen diferentes maneras de implementar la semaforización inteligente, desde una simple programación para la decisión del estado en que debe permanecer la luz verde o rojo de acuerdo al volumen vehicular, hasta una programación que toma decisión de mayor jerarquía, como la de tomar una decisión en caso de accidentes, cambiar el flujo de tráfico, entre otros. A continuación, se desarrollan, las principales tecnologías.

- Semáforo inteligente con RFID

Consiste en tener un control inteligente del tráfico, variando las fases de la semaforización de una intersección de acuerdo a la congestión vehicular. El sistema consta de 4 partes principales: La tarjeta RFID, punto de acceso, ubicación de servidor de redes, WAN, así como con una base centralizada que almacena la data y a partir de ellos decide por una alternativa.

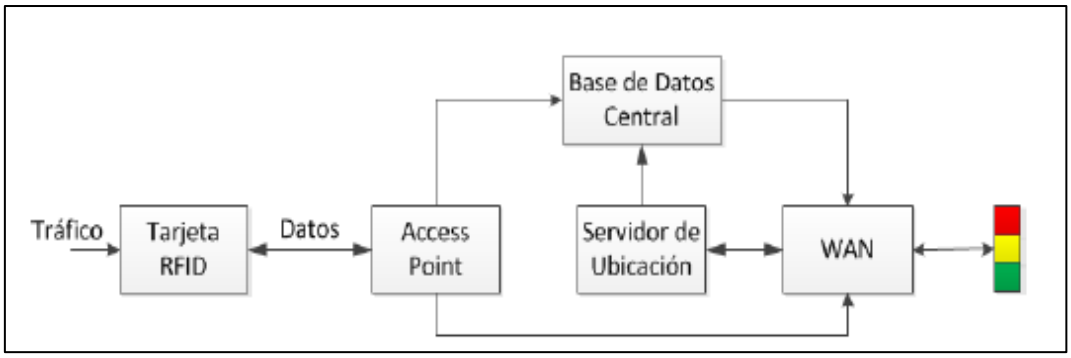



*Figura 1.* Esquema del semáforo inteligente utilizando RFID

El sistema RFID proporciona la información para la posterior decisión del controlador. La espera de los semáforos depende de la congestión y los parámetros de efectividad.

Los sensores son ubicados en diferentes zonas con el cual se puede saber características específicas de los vehículos entre otros parámetros. Sin embargo, un limitante con este tipo de tecnología es que cada vehículo debe tener una propia etiqueta RFID.

- Semáforo inteligente con redes de sensores inalámbricos

Este sistema cuenta de 2 partes; La red de sensores inalámbricos y la estación base, el cual se encarga de ejecutar los algoritmos de control.

La red de sensores se encarga de generar los datos de tráfico como el volumen vehicular, procesos de salida, velocidad de cada vehículo, su longitud. Toda la data recolectada es enviada a la estación de base en tiempo real.

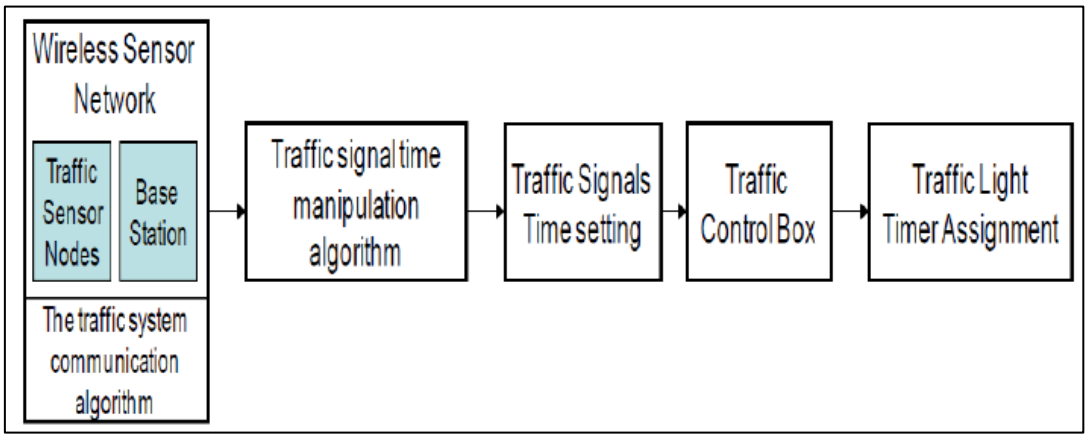



*Figura 2.* Esquema del semáforo inteligente utilizando red de sensores inalámbricos

En el esquema de la Figura 2 se muestra que el *Traffic Sensor Nodes*, se encarga de detectar los vehículos, contarlos y transmitir la información periódicamente a la *Base.* El sistema de detección vehicular requiere 4 componentes: un sensor para detectar las señales generadas por los vehículos, un procesador para los datos detectados, una unidad de comunicación para transferir los datos procesados a la Base, y una fuente de energía. Cada carril cuenta con 2 sensores (Traffic Sensor Nodes) separados por 30 metros aproximadamente.

- Semáforo inteligente mediante procesamiento de imágenes

Es posible medir la densidad del tráfico mediante el procesamiento de imágenes, esta información permite modificar los tiempos del semáforo.

Se captura la vía vacía y la imagen con el trafico inicial es guardado como referencia, luego se convierte la imagen a escala gris, posteriormente se verifica la coincidencia entre la imagen referencial y la imagen con el tráfico en un determinado instante. Después de un procesamiento de detección de bordes de ambas imágenes, los semáforos pueden ser controlados basándose en el porcentaje de coincidencia Este es uno de los sistemas más utilizados a nivel mundial.

- Semáforo inteligente basado en inteligencia artificial

Es un sistema basado en la lógica difusa, algoritmos genéticos y refuerzos de aprendizaje.

En el sistema basado en *refuerzo de aprendizaje*, la idea se explica en lo siguiente. Los vehículos parados en cierta dirección que se encuentran esperando el cambio de la señal del semáforo, estos vehículos comunican al semáforo la ubicación exacta, así como su dirección. El semáforo debe ser capaz de tomar la decisión óptima para minimizar el tiempo promedio de espera de cada vehículo.

La estimación de tiempos de espera se realiza mediante el “refuerzo de aprendizaje” que realiza un seguimiento de los tiempos de espera de los vehículos y utiliza inteligentemente para calcular los promedios a largo plazo en los tiempos de espera utilizando algoritmos de programación dinámica.

En el sistema basado en la *lógica difusa,* la técnica más común es el uso del controlador de lógica difusa, esta tecnología permite la aplicación de reglas de la vida real similar a la manera en la que los humanos podrían pensar. Por ejemplo, los seres humanos podrían pensar de la siguiente manera para controlar la situación del tráfico en un cruce seguro. “si el tráfico es más pesado en el norte o en el sur y el tráfico en el carril este u

oeste es menor, entonces el semáforo debería permanecer verde más tiempo en el carril norte y el sur” (Anorozo, 2015).

La idea es tener 2 sensores electromagnéticos en el pavimento, de tal forma que el primero cuente la cantidad de vehículos que cruzan el semáforo y el segundo cuente la cantidad de vehículos que lleguen a la intersección, proporcionando al controlador las densidades de tráfico en los carriles permitiendo una mejor evaluación de cambios en los patrones del tráfico.

# ANEXO 7

## Cálculo de Costos y Beneficios

# Cálculo de Costos – Propuestas Económica

**PROPUESTA 1**

| ITEM | DESCRIPCIÓN | UND | METRADO | PRECIO | PARCIAL |
|---|---|---|---|---|---|
| 1.0 | **Trabajos Preliminares y Provisionales** | | | | |
| 2.0 | **Mantenimiento del Tránsito** | | | | |
| 3.01 | Mantenimiento del tránsito permanente | Glb | 1.00 | 2,000.00 | 2,000.00 |
| 3.0 | **Implementacion** | | | | |
| 5.01 | Implementacion de Fases y Ciclos | Glb | 1.00 | 3,000.00 | 3,000.00 |
| 4.0 | **Señalización y Seguridad Vial** | | | | |
| 6.01 | Señalización vertical | und | 23.00 | 300.00 | 6,900.00 |
| 6.02 | Marcas en el Pavimento | ml | 500.00 | 10.00 | 5,000.00 |

| | | |
|---|---|---|
| CD | | S/. 16,900.00 |
| GG | 8% | S/. 1,352.00 |
| UTIL | 10% | S/. 1,690.00 |
| ST | | S/. 19,942.00 |
| IGV | 18% | S/. 3,589.56 |
| TOTAL | | S/. 23,531.56 |

**PROPUESTA 2**

| ITEM | DESCRIPCIÓN | UND | METRADO | PRECIO | PARCIAL |
|---|---|---|---|---|---|
| 1.0 | **Trabajos Preliminares y Provisionales** | | | | |
| 2.0 | **Trazo y Replanteo** | | | | |
| 2.01 | Trazo y replanteo | Glb | 1.00 | 3,800.00 | 3,800.00 |
| 3.0 | **Mantenimiento del Tránsito** | | | | |
| 3.01 | Mantenimiento del tránsito permanente | Glb | 1.00 | 9,200.00 | 9,200.00 |
| 4.0 | **Movimiento de Tierra** | | | | |
| 4.05 | Sub base granular | m3 | 848.32 | 55.00 | 46,657.82 |
| 4.06 | Base granular | m3 | 424.16 | 55.00 | 23,328.91 |
| 5.0 | **Pavimentación** | | | | |
| 5.01 | Imprimación asfáltica | m2 | 2,120.81 | 19.00 | 40,295.39 |
| 5.02 | Riego de liga | m2 | 2,120.81 | 12.00 | 25,449.72 |
| 5.03 | Carpeta asfáltica en caliente | m2 | 2,120.81 | 44.00 | 93,315.64 |
| 6.0 | **Señalización y Seguridad Vial** | | | | |
| 6.01 | Señalización vertical | und | 27.00 | 300.00 | 8,100.00 |
| 6.02 | Marcas en el Pavimento | ml | 1000.00 | 10.00 | 10,000.00 |

| | | |
|---|---|---|
| CD | | S/. 260,147.48 |
| GG | 8% | S/. 1,352.00 |
| UTIL | 7% | S/. 1,183.00 |
| ST | | S/. 262,682.48 |
| IGV | 18% | S/. 47,282.85 |
| TOTAL | | S/. 309,965.33 |

**PROPUESTA 3**

| ITEM | DESCRIPCIÓN | UND | METRADO | PRECIO | PARCIAL |
|---|---|---|---|---|---|
| 1.0 | **Trabajos Preliminares y Provisionales** | | | | |
| 2.0 | **Mantenimiento del Tránsito** | | | | |
| 3.01 | Mantenimiento del tránsito permanente | Glb | 1.00 | 6,000.00 | 6,000.00 |
| 3.0 | **Instalación y Equipos** | | | | |
| 5.01 | Instalación de equipos | Glb | 3.00 | 120,000.00 | 360,000.00 |
| 4.0 | **Señalización y Seguridad Vial** | | | | |
| 6.01 | Señalización vertical | und | 23.00 | 300.00 | 6,900.00 |
| 6.02 | Marcas en el Pavimento | ml | 500.00 | 10.00 | 5,000.00 |

| | | |
|---|---|---|
| CD | | S/. 377,900.00 |
| GG | 8% | S/. 1,352.00 |
| UTIL | 7% | S/. 1,183.00 |
| ST | | S/. 380,435.00 |
| IGV | 18% | S/. 68,478.30 |
| TOTAL | | S/. 448,913.30 |

| COSTO | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Estudio | Expediente Tecnico | Implementación | Mantenimiento Anual | Costo Total |
| **Propuesta 1** | S/16,000.00 | S/0.00 | S/23,531.56 | S/0.00 | S/39,531.56 |
| **Propuesta 2** | S/60,000.00 | S/80,000.00 | S/309,965.33 | S/10,000.00 | S/459,965.33 |
| **Propuesta 3** | S/50,000.00 | S/70,000.00 | S/448,913.30 | S/5,000.00 | S/573,913.30 |

| Vida Util | |
|---|---|
| 1 | años |
| 6 | años |
| 10 | años |

*FUENTE: Costo de estudios, Expedientes técnicos, implementación, etc. son valores referenciales cotizados por la Empresa TRANSIS, empresa lider a nivel nacional e internacional en ingeniería vial y de tráfico*

# Cálculo de Beneficios de cada Propuesta

**Cálculo de Horas Hombre**

| | |
|---|---|
| Remuneración mínima vital | S/1,667.00 |
| Horas Hombre (HH) | S/8.96 |

| RANGO DE HORA PICO | | | TIEMPO | |
|---|---|---|---|---|
| Horario AM | 6:00 - 9:00 | am | 3 | horas |
| Horario PM | 4:00 - 7:00 | am | 3 | horas |

**Cálculo de Demoras**

**DEMORA / CICLO (Segundos)**

| | Intersección 1 | | Intersección 2 | | Intersección 3 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Horario | AM | PM | AM | PM | AM | PM |
| Situación Existente | 64.80 | 85.48 | 39.1 | 26.79 | 79.3 | 64.54 |
| Propuesta 1 | 61.90 | 84.62 | 36.2 | 13.33 | 63.7 | 63.75 |
| Propuesta 2 | 32.6 | 80.55 | 22.6 | 12.52 | 50.7 | 46.23 |
| Propuesta 3 | 118.2 | 136.29 | 44.3 | 40.69 | 93.4 | 354.23 |

**PORCENTAJE DE VOLÚMEN HORARIO**

| | Intersección 1 | | Intersección 2 | | Intersección 3 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Horario | AM | PM | AM | PM | AM | PM |
| Auto | 87.00% | 84.70% | 88.20% | 83.90% | 89.90% | 84.10% |
| Bus | 10.50% | 11.80% | 8.90% | 11.20% | 7.70% | 11.60% |
| Camión HGV | 2.50% | 3.50% | 2.90% | 4.90% | 2.40% | 4.30% |
| | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |

**VOLÚMEN HORARIO**

| | Intersección 1 | | Intersección 2 | | Intersección 3 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Horario | AM | PM | AM | PM | AM | PM |
| **Volúmen** | **5908** | **5258** | **4457** | **3839** | **5895** | **4944** |
| Auto | 5140 | 4454 | 3931 | 3221 | 5300 | 4158 |
| Bus | 620 | 620 | 397 | 430 | 454 | 574 |
| Camión HGV | 148 | 184 | 129 | 188 | 141 | 213 |

| OCUPACIÓN PROMEDIO | |
|---|---|
| Auto | 1 |
| Bus | 15 |
| Camión HGV | 1 |

1

**DIFERENCIA DE DEMORA / CICLO (Segundos)**

| | Intersección 1 | | Intersección 2 | | Intersección 3 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Horario | AM | PM | AM | PM | AM | PM |
| Situación Existente | | | | | | |
| Propuesta 1 | 2.90 | 0.86 | 2.90 | 13.46 | 15.60 | 0.79 |
| Propuesta 2 | 32.20 | 4.93 | 16.50 | 14.27 | 28.60 | 18.31 |
| Propuesta 3 | -53.40 | -50.81 | -5.20 | -13.90 | -14.10 | -289.69 |

2

**DEMORA PERDIDA / HORA (Segundos)**

| Horario | AM | PM | AM | PM | AM | PM |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Propuesta 1 | 58.00 | 25.80 | 58.00 | 403.80 | 312.00 | 23.70 |
| Propuesta 2 | 644.00 | 147.90 | 330.00 | 428.10 | 572.00 | 549.30 |
| Propuesta 3 | | | | | | |

3

**DEMORA PERDIDA / HORA (Hora)**

| Horario | AM | PM | AM | PM | AM | PM |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Propuesta 1 | 0.016 | 0.007 | 0.016 | 0.112 | 0.087 | 0.007 |
| Propuesta 2 | 0.179 | 0.041 | 0.092 | 0.119 | 0.159 | 0.153 |
| Propuesta 3 | | | | | | |

4

**DEMORA PERDIDA / AÑO (Hora)**

| | Intersección 1 | | Intersección 2 | | Intersección 3 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Horario | AM | PM | AM | PM | AM | PM |
| Propuesta 1 | 17.64 | 7.85 | 17.64 | 122.82 | 94.90 | 7.21 |
| Propuesta 2 | 195.88 | 44.99 | 100.38 | 130.21 | 173.98 | 167.08 |
| Propuesta 3 | | | | | | |

5

**DEMORA PERDIDA PARA EL VOLÚMEN HORARIO / AÑO (Hora)**

| | Intersección 1 | | Intersección 2 | | Intersección 3 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Horario | AM | PM | AM | PM | AM | PM |
| Propuesta 1 | 257440.61 | 109427.24 | 176600.53 | 1210852.00 | 1162506.97 | 93519.52 |
| Propuesta 2 | 2858478.47 | 627297.99 | 1004796.11 | 1283719.03 | 2131262.78 | 2167521.98 |
| Propuesta 3 | | | | | | |

| CICLO (Segundos) | |
|---|---|
| AM | PM |
| 180 | 120 |
| **CICLO (Minutos)** | |
| AM | PM |
| 3 | 2 |
| **N° CICLOS / HORA** | |
| AM | PM |
| 20 | 30 |

| Vida Util | |
|---|---|
| 1 | años |
| 6 | años |
| 10 | años |

6

**BENEFICIO / AÑO (Soles)**

| | Intersección 1 | | Intersección 2 | | Intersección 3 | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Horario | AM | PM | AM | PM | AM | PM | |
| Propuesta 1 | S/ 2,307,276.84 | S/ 980,726.89 | S/ 1,582,758.50 | S/ 10,852,098.33 | S/ 10,418,812.46 | S/ 838,156.11 | S/ 26,979,829.12 |
| Propuesta 2 | S/ 25,618,729.10 | S/ 5,622,073.89 | S/ 9,005,350.07 | S/ 11,505,159.22 | S/ 19,101,156.17 | S/ 19,426,124.41 | S/ 90,278,592.87 |
| Propuesta 3 | | | | | | | |

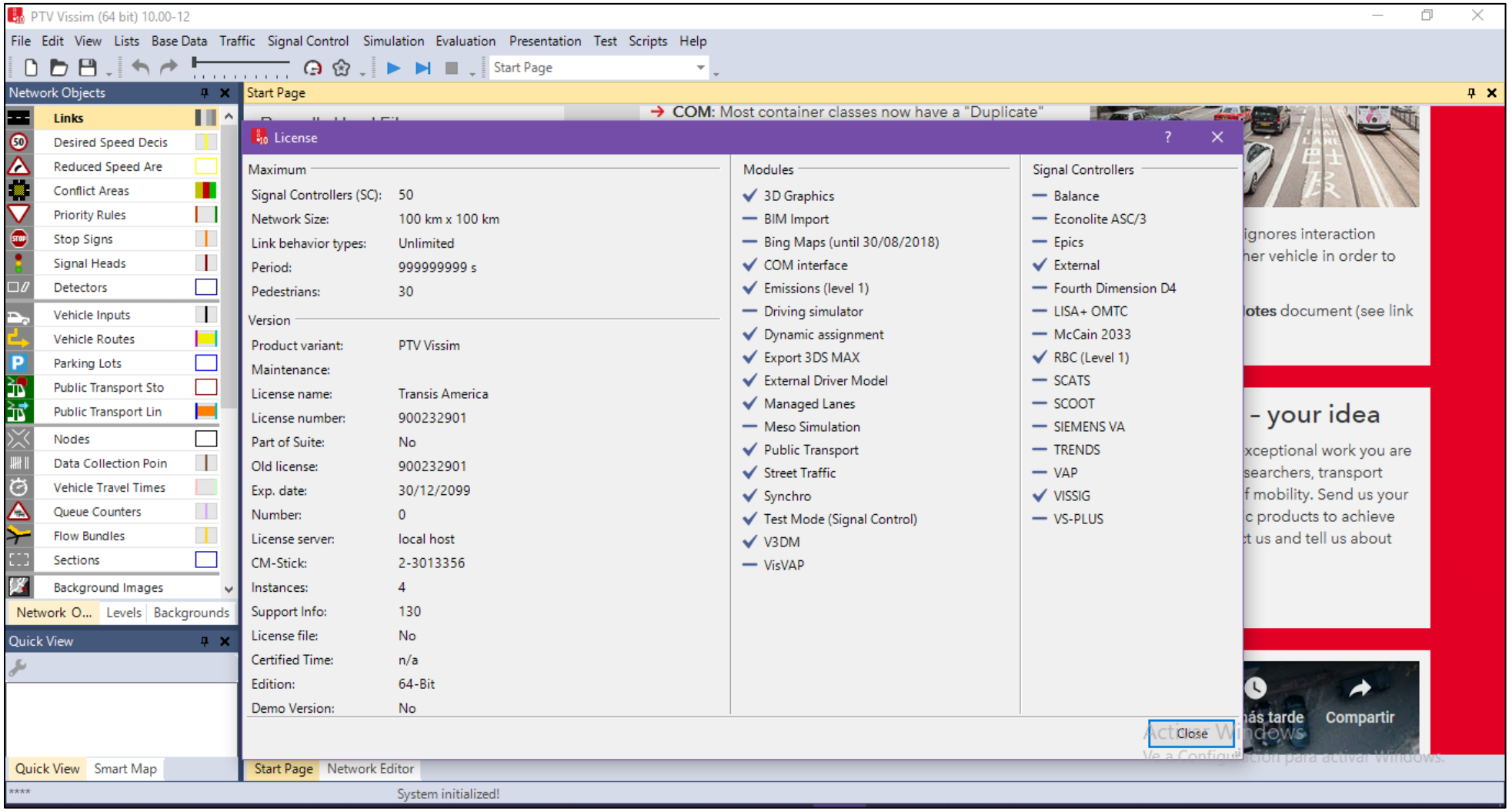
7

**BENEFICIO / VIDA UTIL (Soles)**

| | Intersección 1 | | Intersección 2 | | Intersección 3 | | TOTAL | B/C |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Horario | AM | PM | AM | PM | AM | PM | | |
| Propuesta 1 | S/ 2,307,276.84 | S/ 980,726.89 | S/ 1,582,758.50 | S/ 10,852,098.33 | S/ 10,418,812.46 | S/ 838,156.11 | S/ 26,979,829.12 | 682 |
| Propuesta 2 | S/ 153,712,374.57 | S/ 33,732,443.37 | S/ 54,032,100.40 | S/ 69,030,955.34 | S/ 114,606,937.05 | S/ 116,556,746.48 | S/ 541,671,557.21 | 1178 |
| Propuesta 3 | S/ 0.00 | S/ 0.00 | S/ 0.00 | S/ 0.00 | S/ 0.00 | S/ 0.00 | S/ 0.00 | |

# ANEXO 8

## Licencia del Software Vissim 10.0


PTV Vissim (64 bit) 10.00-12
File Edit View Lists Base Data Traffic Signal Control Simulation Evaluation Presentation Test Scripts Help
Start Page
Network Objects
Links
Desired Speed Decis
Reduced Speed Are
Conflict Areas
Priority Rules
Stop Signs
Signal Heads
Detectors
Vehicle Inputs
Vehicle Routes
Parking Lots
Public Transport Sto
Public Transport Lin
Nodes
Data Collection Poin
Vehicle Travel Times
Queue Counters
Flow Bundles
Sections
Background Images
Network O...
Levels
Backgrounds
Quick View
Quick View
Smart Map
Start Page
COM: Most container classes now have a "Duplicate"
License
Maximum
Signal Controllers (SC): 50
Network Size: 100 km x 100 km
Link behavior types: Unlimited
Period: 999999999 s
Pedestrians: 30
Version
Product variant: PTV Vissim
Maintenance:
License name: Transis America
License number: 900232901
Part of Suite: No
Old license: 900232901
Exp. date: 30/12/2099
Number: 0
License server: local host
CM-Stick: 2-3013356
Instances: 4
Support Info: 130
License file: No
Certified Time: n/a
Edition: 64-Bit
Demo Version: No
Modules
3D Graphics
BIM Import
Bing Maps (until 30/08/2018)
COM interface
Emissions (level 1)
Driving simulator
Dynamic assignment
Export 3DS MAX
External Driver Model
Managed Lanes
Meso Simulation
Public Transport
Street Traffic
Synchro
Test Mode (Signal Control)
V3DM
VisVAP
Signal Controllers
Balance
Econolite ASC/3
Epics
External
Fourth Dimension D4
LISA+ OMTC
McCain 2033
RBC (Level 1)
SCATS
SCOOT
SIEMENS VA
TRENDS
VAP
VISSIG
VS-PLUS
Close
ignores interaction
her vehicle in order to
lotes document (see link
- your idea
xceptional work you are
searchers, transport
f mobility. Send us your
c products to achieve
t us and tell us about
más tarde
Compartir
Start Page
Network Editor
****
System initialized!

# ANEXO 9

## Matriz de Consistencia

# Matriz de Consistencia

| PROBLEMA | OBJETIVOS | HIPÓTESIS | VARIABLES | TIPO Y DISEÑO | POBLACIÓN Y MUESTRA |
|---|---|---|---|---|---|
| **Problema general**:<br>¿Será posible la reducción del nivel de congestionamiento y mejorar los Niveles de Servicios de las intersecciones de la Avenida Canadá con las Avenidas Aviación, San Luis y De la Arqueología en el Distrito de San Luis, Lima, haciendo uso de la herramienta de microsimulación de tráfico Vissim? | **Objetivo General:**<br>Reducir el nivel de congestionamiento y mejorar los Niveles de Servicio de las intersecciones de la Avenida Canadá con las Avenidas Aviación, San Luis y De la Arqueología en el Distrito de San Luis, Lima, empleando la herramienta de microsimulación de tráfico Vissim | **Hipótesis principal:**<br>El nivel de congestionamiento se reduce y se obtiene mejores Niveles de Servicio aplicando las mejoras integrales propuestas para las intersecciones de la Avenida Canadá con las Avenidas Aviación, San Luis y De la Arqueología en el Distrito de San Luis, Lima, empleando la herramienta de microsimulación de tráfico Vissim | Las principales variables de este proyecto son ciclo y fases semafóricos, volumen vehicular, demora, tiempo de viaje. | **Tipo de estudio:**<br>- Descriptivo, Analítico y explicativo<br><br>**Tipo de diseño:**<br>-No experimental<br><br>**Enfoque metodológico a utilizar:**<br>- Cuantitativo | **Población**:<br>Usuarios de las vías del Distrito de San Luis, Lima.<br>**Muestra**:<br>Usuarios aforados en las intersecciones de las Avenidas Canadá, Aviación, San Luis y De la Arqueología en el Distrito de San Luis, Lima. |
| **Problemas específicos**:<br>a) ¿Cuáles son las condiciones existentes de la circulación multimodal, con respecto a las medidas de efectividad (capacidad val, niveles de servicio, longitud de colas y demoras) en las intersecciones de las Avenidas Canadá, Aviación, San Luis y De la Arqueología en el Distrito de San Luis, Lima?<br><br>b) ¿Cuál es el tiempo de viaje desde la Av. Aviación hasta la Av. San Luis en la actualidad?<br><br>c) ¿Cuál es la propuesta de mejora que genera mayor disminución de demoras en las intersecciones de la Avenida Canadá con las Avenidas Aviación, San Luis y De la Arqueología en el Distrito de San Luis, Lima?<br><br>d) ¿Cuál es el procedimiento correcto a seguir para realizar una micro simulación de un sistema de transporte multimodal que involucre vehículos y peatones en las intersecciones de las Avenidas Canadá, Aviación, San Luis y De la Arqueología en el Distrito de San Luis, Lima? | **Objetivos específicos:**<br>a) Determinar el nivel de servicio de las condiciones existentes en las intersecciones de la Avenida Canadá con las Avenidas Aviación, San Luis y De la Arqueología en el Distrito de San Luis, Lima.<br><br>b) Determinar el tiempo de viaje desde la Av. Aviación hasta la Av. San Luis en la actualidad.<br><br>c) Comparar la eficacia de 3 propuestas de mejora de tránsito planteadas para las intersecciones de la Avenida Canadá con las Avenidas Aviación, De la Arqueología y San Luis, Distrito de San Luis, Lima.<br><br>d) Generar una metodología de trabajo para la micro simulación considerando todas sus etapas: recolección de datos, creación de la red, calibración y validación mediante pruebas estadísticas y por la cantidad de corridas en las intersecciones de la Avenida Canadá con las Avenidas Aviación, San Luis y De la Arqueología en el Distrito de San Luis, Lima. | **Hipótesis específicas**:<br>**H1** Los niveles de Servicio en condiciones existentes que predominan en las intersecciones de la Avenida Canadá con las Avenidas Aviación, San Luis y De la Arqueología en el Distrito de San Luis, Lima son menores a “D”.<br><br>**H2** El tiempo de viaje desde la Av. Aviación hasta la Av. San Luis es mayor a 5 minutos en la actualidad.<br>**H3** Debido a la disminución de demoras que genera la optimización de tiempos semafóricos y modificaciones geométricas que sean consistentes con la semaforización, se estima que la segunda propuesta sería el más eficaz para mejorar los niveles de servicios de las intersecciones de la Avenida Canadá con las Avenidas Aviación, De la Arqueología y San Luis, Distrito de San Luis, Lima. Seguido de la primera propuesta y siendo el menos eficaz la tercera propuesta.<br><br>**H4** El correcto procedimiento para la creación del modelo de microsimualción de tráfico contempla el cumplimiento de todas las etapas necesarias para que el modelo sea validado en la intersección de las Avenidas Canadá, Aviación, San Luis y De la Arqueología en el Distrito de San Luis, Lima. | | | **HERRAMIENTAS**<br><br>- Ficha de aforos<br>- Video cámaras<br>- Estadísticas<br>- Herramienta de micro simulación Vissim 10 |