UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE SEMAFORIZACIÓN PARA REDUCIR EL
GRADO DE SATURACIÓN EN LAS INTERSECCIONES DE AV. ANGAMOS ESTE
CON AV. REPÚBLICA DE PANAMÁ, AV. TOMÁS MARSANO Y AV. AVIACIÓN; A
TRAVÉS DE LA METODOLOGÍA DEL *RAMP METERING*.

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

AUTOR(ES)

BASURTO VALLADARES, LEONARDO JOAQUIN (0000-0003-4385-5669)

YZAGUIRRE DE LA TORE, RODRIGO RAÚL (0000-0003-1049-3921)

ASESOR

BRAVO LIZANO, ALDO RAFAEL (0000-0003-4835-795X)

Lima, 06 de diciembre del 2019

DEDICATORIA

Cubiertos del manto divino de Dios Padre, dedicamos el presente proyecto de investigación, a nuestros seres queridos vivos y difuntos que desde el inicio nos apoyaron espiritualmente para el desarrollo de este proyecto.

Para nosotros es satisfactorio mencionar al Ing. Aldo Bravo asesor que lleno de conocimientos nos encaminó con rigurosidad para esforzarnos al máximo durante el proceso de formación. A nuestros amigos, especialmente al grupo que la carrera unificó, compañeros y profesores que constantemente brindaron su apoyo y sabiduría para la ejecución del proyecto de tesis.

AGRADECIMIENTO

Ante todo, gracias a Dios por darnos la vida y protegernos durante la elaboración del proyecto de tesis. Agradecemos a nuestros padres, hermanos y abuelos por reforzar la convicción de convertirnos en profesionales responsables. A nuestros amigos, que siempre estuvieron presentes, motivándonos en el desarrollo del tema de investigación.

A todos los mencionados e involucrados muchas gracias.

RESUMEN

Actualmente, existe un incremento vehicular en Lima Metropolitana que perjudica la eficacia de las vías de comunicación terrestres. Por tal motivo, el presente tema de investigación tiene como finalidad reducir el grado de saturación en las intersecciones urbanas de la Av. Angamos Este con Av. Aviación, Av. Tomás Marsano y Av. República de Panamá ubicadas en Lima Metropolitana a través de la metodología *Ramp Metering* que considera desarrollar el algoritmo ALINEA. En primera instancia, se describió la situación actual de los cruces viales previamente mencionados, a partir del reconocimiento en campo. Posteriormente, se recopilaron los tiempos de verde efectivo vehicular y el ciclo semafórico peatonal. De igual manera, se contabilizó presencialmente el flujo de automóviles durante 13 horas continuas y el número de transeúntes en las intersecciones durante el mismo periodo. Subsiguientemente, se evaluaron las condiciones de circulación existente, donde el principal objetivo es determinar el grado de saturación por medio de flujogramas que permiten una mejor visualización del estado actual.

Luego de lo mencionado, se empleó la estrategia ALINEA para diseñar una propuesta de mejora a partir los tiempos de verde efectivo calculados el algoritmo mencionado. Siguiendo con el procedimiento, se evaluó el diseño con el software PTV VISSIM 9.0, un programa de micro simulación acorde con los lineamientos planteados del proyecto, con la finalidad de verificar si existe una mejora relacionada al grado de saturación. Por último, se compararon las dos situaciones previstas, calculando el parámetro indicado con el programa VISSIM.

Palabras claves:

Intersección tipo cruz, grado de saturación, micro simulación, software PTV VISSIM 9.0, algoritmo ALINEA, Ramp Metering.

ABSTRACT

Currently, there is an exponential growth in the number of vehicles in Metropolitan Lima that harms the efficiency of the vehicle flow on the roads and highways of this city. For this reason, the present research topic aims to reduce the degree of saturation at the urban intersections of Av. Angamos Este with Av. Aviación, Av. Tomás Marsano and Av. República de Panamá located in Metropolitan Lima through the methodology of *Ramp Metering* that considers developing the ALINEA algorithm. In the first instance, the current situation of the previously mentioned crosses was described based on the recognition carried out in the field. Subsequently, the effective vehicular green times and the pedestrian traffic light cycle will be collected. In the same way, the traffic flow was collected for 13 consecutive hours and the number of passers-by at the intersections during the same period. Subsequently, the existing circulation conditions were evaluated, where the main objective is to determine the degree of saturation throughout flow charts that allow a better visualization of the current state.

After the aforementioned, ALINEA strategy was used to design a proposal that improves the vehicle flow of the intersections based on the effective green times calculated by the algorithm mentioned. Following the procedure, the design is evaluated with the PTV VISSIM 9.0 software, a micro simulation program in accordance with the guidelines outlined in the project, with the purpose of verifying if there is an improvement related to the degree of saturation. Finally, the two situations foreseen were compared, calculating the indicated parameter with the arithmetic process of the micro simulator VISSIM.

Keywords:

Cross type intersection, degree of saturation, micro simulation, PTV VISSIM 9.0 software, ALINEA algorithm, Ramp Metering.

ÍNDICE

ÍNDICE	6
ÍNDICE DE TABLAS.....	9
ÍNDICE DE ECUACIONES	16
ÍNDICE DE FIGURAS.....	18
ÍNDICE DE ANEXOS	24
INTRODUCCIÓN.....	27
1. MARCO TEÓRICO	38
1.1. Transporte Urbano	38
1.2. Congestión Vehicular	38
1.3. Flujo Vehicular	39
1.4. Horario de Máxima Demanda Vehicular	39
1.5. Grado de Saturación	40
1.6. Semaforización	53
1.7. Ramp Metering.....	54
1.8. Aforos	59
1.9. Investigación del software VISSIM	60
1.10. Contraste de simuladores de tráfico.....	60
1.11. Comparación de metodologías de semaforización	65
1.12. Metodología de Calibración (Análisis Estadístico)	69

2.	MATERIAL Y MÉTODOS	71
2.1.	Material.....	71
2.1.1.	Población.....	71
2.1.2.	Muestra	71
2.2.	Método.....	71
2.2.1.	Nivel de Investigación	71
2.2.2.	Diseño de Investigación	72
2.2.3.	Variables de estudio y operacionalización	74
2.2.4.	Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.....	75
2.2.5.	Técnicas de Procesamiento y Análisis de datos.....	75
3.	DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL	76
3.1.	Área de estudio	80
3.2.	Zonificación Urbana	81
3.3.	Sentido de Circulación.....	82
3.4.	Análisis geométrico de las intersecciones	83
3.5.	Puntos de Conflictos.....	85
3.6.	Diagrama de Fases de Semáforos	101
4.	RECOLECCIÓN DE DATOS	106
4.1.	Evaluación de las condiciones de circulación	111
4.2.	Aforo Vehicular	125
4.3.	Aforo Peatonal.....	130

4.4. Flujograma.....	132
4.5. Grado de Saturación	144
5. METODOLOGÍA	153
5.1. Algoritmo ALINEA.....	153
5.2. Micro Simulación VISSIM.....	160
5.2.1. Calibración del modelo.....	160
5.2.2. Validación del modelo.....	169
5.2.3. Elaboración del modelo	175
6. CÁLCULO DEL GRADO DE SATURACIÓN CON VISSIM	182
6.1. Cálculo del headway y flujo de saturación	182
6.2. Cálculo del grado de saturación.....	184
7. RESULTADOS.....	205
7.1. Resultados de la validación de la propuesta	209
8. CONCLUSIONES.....	215
9. RECOMENDACIONES.....	217
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	219
ANEXOS	223

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Población Total, Censada y Omitida según Censos.....	30
Tabla 2: Parque Automotor en Circulación a nivel nacional, según departamentos, 2004-2012.....	31
Tabla 3: Perú - Flujo Vehicular, según departamento, 2015 – 2016.....	31
Tabla 4: Cuadro de Factor de ajuste de ancho de carril (fw)	42
Tabla 5: Factor por giro a la izquierda y equivalente ADE sin flujo opuesto.....	45
Tabla 6: Factor de ADE (automóvil directo equivalente) con flujo opuesto	46
Tabla 7: Frt y Er equivalentes ADE para vehículos de giro a la derecha	46
Tabla 8: flpb (factor de peatones y bicicletas para grupos con giro a la izquierda).....	52
Tabla 9: frpb (factor por peatones y bicicleta para grupos con giro a la derecha)	52
Tabla 10: Comparación de los métodos de planificación de señales.	67
Tabla 11. Cuadro comparativo de Metodologías. Fuente: (González-Fernández, Ruiz-Caballero, & Castilla-González, 2017)	69
Tabla 12: Secuencia de variables estudiadas	73
Tabla 13: Variables de estudio y operacionalización.....	74
Tabla 14: Técnicas e Instrumentos de recolección de datos	75
Tabla 15: Técnicas de Procesamiento y Análisis de datos.....	75
Tabla 16: Sentido de Circulación por Intersección	82
Tabla 17. Cuadrilla de conteo. (Fuente: Propia).	107
Tabla 18. Factores Fp y Fbb. Fuente Propia.	123
Tabla 19. Demanda vehicular Av. Angamos Este con Av. República de Panamá. (Fuente: Propia)	145
Tabla 20. Demanda vehicular Av. Angamos Este con Av. Tomás Marsano. (Fuente: Propia)	

.....	146
Tabla 21. Demanda vehicular Av. Angamos Este con Av. Aviación. (Fuente: Propia)...	147
Tabla 22. Oferta y Grado de Saturación de la Av. Angamos Este con Av. República Panamá. (Fuente: Propia).....	150
Tabla 23. Oferta y Grado de Saturación de la Av. Angamos Este con Av. Aviación. (Fuente: Propia).....	151
Tabla 24. Oferta y Grado de Saturación de la Av. Angamos Este con Av. Tomás Marsano. (Fuente: Propia).....	152
Tabla 25. Aplicación de algoritmo ALINEA para la Av. República de Panamá. (Fuente: Propia).....	155
Tabla 26. Aplicación de algoritmo ALINEA para la Av. Tomás Marsano. (Fuente: Propia).....	156
.....	156
Tabla 27. Aplicación de algoritmo ALINEA para la Av. Aviación. Fuente: (Propia)	157
Tabla 28. Resumen Tiempo de Verde. Fuente: (Propia).....	158
Tabla 29. Tiempo de Verde Efectivo (s) (9:00 - 10:00). Fuente (Propia).....	159
Tabla 30. Tiempo de Verde Efectivo (s) (11:00 - 12:00). Fuente (Propia).....	159
Tabla 31. Tiempo de Verde Efectivo (s) (10:15 - 11:15). Fuente (Propia).....	159
Tabla 32. Tiempo de Verde Efectivo (s) (12:15 - 13:15). Fuente (Propia).....	159
Tabla 33. Tiempo de Verde Efectivo (s) (10:30 - 11:30). Fuente (Propia).....	159
Tabla 34. Tiempo de Verde Efectivo (s) (12:30 - 13:30). Fuente (Propia).....	160
Tabla 35. Parámetros de Calibración Av. Tomás Marsano. Fuente: (Propia)	162
Tabla 36. Parámetros de Muestra Av. Tomás Marsano. Fuente: (Propia).....	163
Tabla 37. Nivel de Confianza.....	163
Tabla 38. Intento 11 - Parámetros Estadísticos Av. Tomás Marsano. Fuente: (Propia) ...	163
Tabla 39. Intento 18 - Parámetros Estadísticos Av. Tomás Marsano. Fuente: (Propia) ...	164

Tabla 40. Resultados obtenidos para la validación del modelo Av. Tomás Marsano. Fuente: (Propia).....	164
Tabla 41. Parámetros de Calibración Av. Aviación. Fuente: (Propia).....	165
Tabla 42. Parámetros de Muestra Av. Aviación. Fuente: (Propia)	165
Tabla 43. Intento 14 - Parámetros Estadísticos Av. Aviación. Fuente: (Propia)	166
Tabla 44. Intento 17 - Parámetros Estadísticos Av. Aviación. Fuente: (Propia)	166
Tabla 45. Resultados obtenidos para la validación del modelo Av. Aviación. Fuente: (Propia).....	167
Tabla 46. Parámetros de Calibración Av. República de Panamá. Fuente: (Propia).....	167
Tabla 47. Parámetros de Muestra Av. República de Panamá. Fuente: (Propia)	168
Tabla 48. Intento 6 - Parámetros Estadísticos Av. República de Panamá. Fuente: (Propia)	168
Tabla 49. Intento 7 - Parámetros Estadísticos Av. República de Panamá. Fuente: (Propia)	168
Tabla 50. Intento 14 - Parámetros Estadísticos Av. República de Panamá. Fuente: (Propia)	168
Tabla 51. Resultados obtenidos para la validación del modelo Av. República de Panamá. Fuente: (Propia).....	169
Tabla 52. Simulación para la validación del Modelo Av. Tomás Marsano. Fuente: (Propia)	170
Tabla 53. Parámetros Estadísticos para la validación del modelo Av. Tomás Marsano. Fuente: (Propia).....	170
Tabla 54. Resultados - Validación del modelo Av. Tomás Marsano. Fuente: (Propia) ...	171
Tabla 55. Simulación para la validación del Modelo Av. Aviación. Fuente: (Propia)	172
Tabla 56. Parámetros Estadísticos para la validación del modelo Av. Aviación. Fuente:	

(Propia).....	172
Tabla 57. Resultados - Validación del modelo Av. Aviación. Fuente: (Propia).....	173
Tabla 58. Simulación para la validación del Modelo Av. República de Panamá. Fuente: (Propia).....	173
Tabla 59. Parámetros Estadísticos para la validación del modelo Av. República de Panamá. Fuente: (Propia).....	174
Tabla 60. Resultados - Validación del modelo Av. República de Panamá. Fuente: (Propia).....	174
.....	174
Tabla 61. Grado de Saturación Existente Av. República de Panamá (11:15 – 11:30). Fuente: Propia	184
Tabla 62. Grado de Saturación Existente Av. República de Panamá (11:30 – 11:45). Fuente: Propia	185
Tabla 63. Grado de Saturación Existente Av. República de Panamá (11:45 – 12:00). Fuente: Propia	185
Tabla 64. Grado de Saturación Existente Av. República de Panamá (12:00 – 12:15). Fuente: Propia	186
Tabla 65. Grado de Saturación Existente Av. Tomás Marsano (11:30 – 11:45). Fuente: Propia	187
Tabla 66. Grado de Saturación Existente Av. Tomás Marsano (11:45 – 12:00). Fuente: Propia	188
Tabla 67. Grado de Saturación Existente Av. Tomás Marsano (12:00 – 12:15). Fuente: Propia	189
Tabla 68. Grado de Saturación Existente Av. Tomás Marsano (12:15 – 12:30). Fuente: Propia	190
Tabla 69. Grado de Saturación Existente Av. Aviación (10:00 – 10:15). Fuente: Propia	191

Tabla 70. Grado de Saturación Existente Av. Aviación (10:15 – 10:30). Fuente: Propia	192
Tabla 71. Grado de Saturación Existente Av. Aviación (10:30 – 10:45). Fuente: Propia	193
Tabla 72. Grado de Saturación Existente Av. Aviación (10:45 – 11:00). Fuente: Propia	194
Tabla 73. Grado de Saturación Propuesta Av. República de Panamá (11:15 – 11:30). Fuente: Propia	195
Tabla 74. Grado de Saturación Propuesta Av. República de Panamá (11:30 – 11:45). Fuente: Propia	195
Tabla 75. Grado de Saturación Propuesta Av. República de Panamá (11:45 – 12:00). Fuente: Propia	196
Tabla 76. Grado de Saturación Propuesta Av. República de Panamá (12:00 – 12:15). Fuente: Propia	196
Tabla 77. Grado de Saturación Propuesta Av. Tomás Marsano (11:30 – 11:45). Fuente: Propia	197
Tabla 78. Grado de Saturación Propuesta Av. Tomás Marsano (11:45 – 12:00). Fuente: Propia	198
Tabla 79. Grado de Saturación Propuesta Av. Tomás Marsano (12:00 – 12:15). Fuente: Propia	199
Tabla 80. Grado de Saturación Propuesta Av. Tomás Marsano (12:15 – 12:30). Fuente: Propia	200
Tabla 81. Grado de Saturación Propuesta Av. Aviación (10:00 – 10:15). Fuente: Propia	201
Tabla 82. Grado de Saturación Propuesta Av. Aviación (10:15 – 10:30). Fuente: Propia	202
Tabla 83. Grado de Saturación Propuesta Av. Aviación (10:30 – 10:45). Fuente: Propia	203
Tabla 84. Grado de Saturación Propuesta Av. Aviación (10:45 – 11:00). Fuente: Propia	204
Tabla 85. Resultados Longitud de Cola Av. República de Panamá – Existente. (Fuente: Propia)	205

Tabla 86. Resultados Longitud de Cola Av. República de Panamá – Propuesta. (Fuente: Propia)	206
Tabla 87. Resultados Longitud de Cola Av. Tomás Marsano – Existente. (Fuente: Propia)	206
Tabla 88. Resultados Longitud de Cola Av. Tomás Marsano – Propuesta. (Fuente: Propia)	207
Tabla 89. Resultados Longitud de Cola Av. Aviación - Existente. (Fuente: Propia)	208
Tabla 90. Resultados Longitud de Cola Av. Aviación – Propuesta. (Fuente: Propia)	208
Tabla 91. Resultados Grado de Saturación Av. República de Panamá (11:15 – 11:30). Fuente: Propia	209
Tabla 92. Resultados Grado de Saturación Av. República de Panamá (11:30 – 11:45). Fuente: Propia	210
Tabla 93. Resultados Grado de Saturación Av. República de Panamá (11:45 – 12:00). Fuente: Propia	210
Tabla 94. Resultados Grado de Saturación Av. República de Panamá (12:00 – 12:15). Fuente: Propia	210
Tabla 95. Resultados Grado de Saturación Av. Tomás Marsano (11:30 – 11:45). Fuente: Propia	211
Tabla 96. Resultados Grado de Saturación Av. Tomás Marsano (11:45 – 12:00). Fuente: Propia	211
Tabla 97. Resultados Grado de Saturación Av. Tomás Marsano (12:00 – 12:15). Fuente: Propia	212
Tabla 98. Resultados Grado de Saturación Av. Tomás Marsano (12:15 – 12:30). Fuente: Propia	212
Tabla 99. Resultados Grado de Saturación Av. Aviación (10:00 – 10:15). Fuente: Propia	

.....	213
Tabla 100. Resultados Grado de Saturación Av. Aviación (10:15 – 10:30). Fuente: Propia	
.....	213
Tabla 101. Resultados Grado de Saturación Av. Aviación (10:30 – 10:45). Fuente: Propia	
.....	214
Tabla 102. Resultados Grado de Saturación Av. Aviación (10:45 – 11:00). Fuente: Propia	
.....	214

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Factor Horario de Máxima Demanda.....	39
Ecuación 2: Ecuación de Grado de Saturación	40
Ecuación 3: Ecuación del Flujo de Saturación.....	41
Ecuación 4: Fórmula del factor por vehículos pesados (fHV)	42
Ecuación 5: Fórmula del factor por pendiente en el acceso	43
Ecuación 6: Fórmula del factor por estacionamiento adyacente al grupo.....	43
Ecuación 7: Fórmula del factor por bloqueo de buses	44
Ecuación 8. Factor de ajuste por utilización de carriles	44
Ecuación 9: Fórmula del factor por giro a la izquierda.....	45
Ecuación 10: Factor por giro a la derecha en un grupo de carril	46
Ecuación 11: Fórmula de demanda de peatones durante el tiempo de verde.....	47
Ecuación 12: Ocupación de peatones en verde – $v_{pedg} \leq 1000$ p/h.....	47
Ecuación 13: Ocupación de peatones en verde – $v_{pedg} > 1000$ p/h.....	48
Ecuación 14: Fórmula de demanda de bicicletas durante el tiempo de verde.....	48
Ecuación 15: Fórmula de la ocupación peatonal en verde	49
Ecuación 16: Fórmula de la ocupación de la zona de conflicto solo para peatones	49
Ecuación 17: Fórmula de la ocupación de la zona de conflicto para peatones y bicicletas en vías de un sentido	49
Ecuación 18: Fórmula de ocupación de la zona de conflicto para peatones y bicicletas en vías de dos sentidos, si el tiempo de verde del acceso opuesto es menor al tiempo de verde para el paso de peatones	50
Ecuación 19: Fórmula de la ocupación de la zona de conflicto para peatones y bicicletas en vías de dos sentidos, si el tiempo de verde del acceso opuesto es mayor igual al tiempo de	

verde para el paso de peatones	51
Ecuación 20: Ocupación de zona de conflicto importante	51
Ecuación 21: Ecuación del flujo entrante.....	54
Ecuación 22: Ecuación del tiempo de verde	55
Ecuación 23: Ecuación del Método Lineal de Greenshields.....	65
Ecuación 24: Ecuación de Webster.....	66
Ecuación 25: Tiempo efectivo de luz verde	66
Ecuación 26: Ecuación de Webster (qADE).....	67
Ecuación 27: Demora promedio por ciclo (s/veh)	68
Ecuación 28: Hipótesis Nula.....	70
Ecuación 29: Intervalo de Confianza	70
Ecuación 30: Distancia Requerida	160
Ecuación 31: Fórmula de Muestra	163
Ecuación 32: Flujo de Saturación	182
Ecuación 33: Saturación Headway.....	182

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Principio de Ramp Metering de carretera. Fuente: (Hassane Abouaïssa, 2013) .	56
Figura 2. Ilustración de estrategia ALINEA. Fuente: (Akmal Abdelfatah1, 2012)	58
Figura 3. Programa SamrtPath. Fuente: (TransoftSolutionsDE, 2010)	61
Figura 4: Comparativa de simuladores de tráfico. Fuente: (Saidallah, El Fergougí & Elalaoui)	63
Figura 5. Diagrama de Conflictos Av. Angamos con Av. Tomás Marsano. Fuente (Gerencia de Seguridad Ciudadana de la Municipalidad de Surquillo).....	77
Figura 6. Diagrama de Conflictos Av. Angamos con Av. República de Panamá. Fuente (Gerencia de Seguridad Ciudadana de la Municipalidad de Surquillo)	78
Figura 7: Diagrama de Conflictos Av. Angamos con Av. Aviación. Fuente (Gerencia de Seguridad Ciudadana de la Municipalidad de Surquillo)	79
Figura 8. Análisis geométrico de la intersección Av. Angamos Este con Av. Aviación. Fuente: Propia	83
Figura 9. Análisis geométrico de la intersección Av. Angamos Este con Av. Tomás Marsano. Fuente: Propia	84
Figura 10. Análisis geométrico de la intersección Av. Angamos Este con Av. República de Panamá Fuente: Propia.....	85
Figura 11. Puntos de Conflicto vehículo vs vehículo en la Fase 1 de la intersección Av. Angamos Este con Av. Aviación. Fuente: Propia.....	86
Figura 12. Puntos de Conflicto vehículo vs vehículo en la Fase 2 de la intersección Av. Angamos Este con Av. Aviación. Fuente: Propia.....	87
Figura 13. Puntos de Conflicto vehículo vs peatón en la Fase 1 de la intersección Av. Angamos Este con Av. Aviación. (Fuente: Propia)	88

Figura 14. Puntos de Conflicto vehículo vs peatón en la Fase 2 de la intersección Av. Angamos Este con Av. Aviación. (Fuente: Propia)	89
Figura 15. Puntos de Conflicto vehículo vs vehículo en la Fase 1 de la intersección Av. Angamos Este con Av. Tomás Marsano. Fuente: Propia.....	90
Figura 16. Puntos de Conflicto vehículo vs vehículo en la Fase 2 de la intersección Av. Angamos Este con Av. Tomás Marsano. Fuente: Propia.....	91
Figura 17: Puntos de Conflicto vehículo vs vehículo en la Fase 3 de la intersección Av. Angamos Este con Av. Tomás Marsano. Fuente: Propia.....	92
Figura 18: Puntos de Conflicto vehículo vs vehículo en la Fase 4 de la intersección Av. Angamos Este con Av. Tomás Marsano. Fuente: Propia.....	93
Figura 19. Puntos de Conflicto vehículo vs peatón en la Fase 1 de la intersección Av. Angamos Este con Av. Tomás Marsano. Fuente: Propia.....	94
Figura 20. Puntos de Conflicto vehículo vs peatón en la Fase 2 de la intersección Av. Angamos Este con Av. Tomás Marsano. Fuente: Propia.....	95
Figura 21: Puntos de Conflicto vehículo vs peatón en la Fase 3 de la intersección Av. Angamos Este con Av. Tomás Marsano. Fuente: Propia.....	96
Figura 22: Puntos de Conflicto vehículo vs peatón en la Fase 4 de la intersección Av. Angamos Este con Av. Tomás Marsano. Fuente: Propia.....	97
Figura 23. Puntos de Conflicto vehículo vs vehículo en la Fase 1 de la intersección Av. Angamos Este con Av. República de Panamá. Fuente: Propia.....	98
Figura 24. Puntos de Conflicto vehículo vs vehículo en la Fase 2 de la intersección Av. Angamos Este con Av. República de Panamá. Fuente: Propia.....	99
Figura 25. Puntos de Conflicto vehículo vs peatón en la Fase 1 de la intersección Av. Angamos Este con Av. República de Panamá. Fuente: Propia.....	100
Figura 26. Puntos de Conflicto vehículo vs peatón en la Fase 2 de la intersección Av.	

Angamos Este con Av. República de Panamá. Fuente: Propia.....	101
Figura 27. Diagrama de fases de semáforos vehiculares en la intersección Av. Angamos Este con Av. Aviación. (Fuente: Propia)	102
Figura 28. Diagrama de fases de semáforos peatonales en la intersección Av. Angamos Este con Av. Aviación. (Fuente: Propia)	103
Figura 29: Diagrama de fases de semáforos vehiculares en la intersección Av. Angamos Este con Av. República de Panamá. (Fuente: Propia)	103
Figura 30: Diagrama de fases de semáforos peatonales en la intersección Av. Angamos Este con Av. República de Panamá. (Fuente: Propia)	104
Figura 31: Diagrama de fases de semáforos vehiculares en la intersección Av. Angamos Este con Av. Tomás Marsano (Fuente: Propia)	104
Figura 32: Diagrama de fases de semáforos peatonales en la intersección Av. Angamos Este con Av. Tomás Marsano (Fuente: Propia)	105
Figura 33. Plantilla de aforo vehicular. (Fuente: Propia)	108
Figura 34. Vehículo N°1.....	109
Figura 35. Vehículo N°2.....	109
Figura 36. Vehículo N°3.....	110
Figura 37. Motocicleta	110
Figura 38. Bicicleta	110
Figura 39. Señalización Vertical. (Fuente: Propia)	111
Figura 40. Hendidura en carpeta asfáltica. (Fuente: Propia).....	112
Figura 41. Protuberancia en la intersección de Av. Angamos Este con Av. Tomás Marsano. (Fuente: Propia).....	112
Figura 42. Despintado del acceso Tomás Marsano. (Fuente: Propia).....	112
Figura 43. Acceso Central de Bicicletas (Av. Angamos Este y Av. Aviación). (Fuente:	

Propia).....	113
Figura 44. Acceso MiFarma (Av. Angamos Este y Av. Aviación). (Fuente: Propia)	114
Figura 45. Acceso Coliseo Dibós (Av. Angamos Este y Av. Aviación). (Fuente: Propia)	
.....	114
Figura 46. Acceso Clínica de Enfermedades Neoplásicas (Av. Angamos Este y Av. Aviación). (Fuente: Propia).....	115
Figura 47. Acceso GoodYear (Av. Angamos Este y Av. Tomás Marsano)	115
Figura 48. Acceso Open Plaza (Av. Angamos Este y Av. Tomás Marsano) Señal "Cruce de peatones". (Fuente: Propia)	116
Figura 49. Acceso Open Plaza (Av. Angamos Este y Av. Tomás Marsano) Señal "Paradero Prohibido". (Fuente: Propia)	116
Figura 50. Acceso Open Plaza (Av. Angamos Este y Av. Tomás Marsano) Señal "Paradero de buses". (Fuente: Propia)	117
Figura 51. Acceso Central de Vigilancia (Av. Angamos Este y Av. Tomás Marsano) – Paradero. (Fuente: Propia)	117
Figura 52. Acceso Central de Vigilancia (Av. Angamos Este y Av. Tomás Marsano) Señal "Huaca La Merced a 1000 m.). (Fuente: Propia)	118
Figura 53. Acceso Grifo Primax (Av. Angamos Este y Av. Tomás Marsano). (Fuente: Propia).....	118
Figura 54. Acceso C.C. Maestro (Av. Angamos Este y Av. República de Panamá). (Fuente: Propia).....	119
Figura 55. Acceso “MiFarma” (Av. Angamos Este y Av. República de Panamá). (Fuente: Propia).....	119
Figura 56. Acceso Tienda "Paraíso" (Av. Angamos Este y Av. República de Panamá). (Fuente: Propia).....	120

Figura 57. Acceso Fábrica (Av. Angamos Este y Av. República de Panamá). (Fuente: Propia)	120
Figura 58. Resumen del Aforo Vehicular. (Fuente: Propia)	126
Figura 59. Histograma Vehicular de Av. Angamos - Av. Aviación. (Fuente: Propia)	127
Figura 60. Histograma Vehicular de Av. Angamos - Av. Tomás Marsano. (Fuente: Propia)	128
Figura 61. Histograma Vehicular de Av. Angamos - Av. República de Panamá. (Fuente: Propia)	129
Figura 62. Aforo Peatonal. (Fuente: Propia)	131
Figura 63. Flujograma Acceso C.C. Maestro. (Fuente: Propia)	132
Figura 64. Flujograma Acceso “MiFarma”. (Fuente: Propia)	133
Figura 65. Flujograma Acceso Fábrica. (Fuente: Propia)	134
Figura 66. Flujograma Acceso Tienda “Paraíso”. (Fuente: Propia)	135
Figura 67. Flujograma Acceso Grifo "Primax". (Fuente: Propia)	136
Figura 68. Flujograma Acceso Open Plaza. (Fuente: Propia)	137
Figura 69. Flujograma Acceso Central de Video Vigilancia. (Fuente: Propia)	138
Figura 70. Flujograma Acceso Goodyear. (Fuente: Propia)	139
Figura 71. Flujograma del acceso “Coliseo Dibós” de la intersección Av. Angamos Este y Av. Aviación. (Fuente: Propia)	140
Figura 72. Flujograma del acceso “MiFarma” de la intersección Av. Angamos Este y Av. Aviación. (Fuente: Propia)	141
Figura 73. Flujograma del acceso “Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas” de la intersección Av. Angamos Este y Av. Aviación. (Fuente: Propia)	142
Figura 74. Flujograma del acceso “Central de Bicicletas” de la intersección Av. Angamos Este y Av. Aviación. (Fuente: Propia)	143

Figura 75. Algoritmo ALINEA aplicado a intersecciones. (Fuente: Propia).....	153
Figura 76. Distancia entre vehículos. (Fuente: Propia).....	161
Figura 77. Resultados de la simulación Av. Angamos Este con Av. Aviación. (Fuente: Propia).....	175
Figura 78. Desvío Av. República de Panamá. (Fuente: Propia)	176
Figura 79. Vías empleadas para el desvío. (Fuente: Propia).....	177
Figura 80. Ciclo de semáforo Av. República de Panamá – Propuesta. (Fuente: Propia)..	178
Figura 81. Ciclo de semáforo Av. Tomás Marsano – Propuesta. (Fuente: Propia)	179
Figura 82. Ciclo de semáforo Av. Aviación – Propuesta.....	180
Figura 83. Simulación 3D Av. Tomás Marsano. (Fuente: Propia)	181
Figura 84.Simulación 3D Av. República de Panamá – Propuesta Fase 2. (Fuente: Propia)	181
Figura 85. Descripción Headway (FHW, 2017)	183

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Muestra fotográfica de trabajo de campo, conteo de semaforización. (Fuente: Propia).....	223
Anexo 2. Muestra fotográfica de trabajo de campo. (Fuente: Propia)	224
Anexo 3. Aforo Vehicular #1. (Fuente: Propia).....	225
Anexo 4. Aforo Vehicular #2. (Fuente: Propia).....	226
Anexo 5. Aforo Vehicular #3. (Fuente: Propia).....	227
Anexo 6. Aforo Vehicular #4. (Fuente: Propia).....	228
Anexo 7. Aforo Vehicular #5. (Fuente: Propia).....	229
Anexo 8. Aforo Vehicular #6. (Fuente: Propia).....	230
Anexo 9. Aforo Vehicular #7. (Fuente: Propia).....	231
Anexo 10. Aforo Peatonal #8. (Fuente: Propia).....	232
Anexo 11. Aforo Vehicular #9. (Fuente: Propia).....	233
Anexo 12. Aforo Vehicular #10. (Fuente: Propia).....	234
Anexo 13. Aforo Vehicular #11. (Fuente: Propia).....	235
Anexo 14. Aforo Vehicular #12. (Fuente: Propia).....	236
Anexo 15. Aforo Vehicular #13. (Fuente: Propia).....	237
Anexo 16. Aforo Vehicular #14. (Fuente: Propia).....	238
Anexo 17. Aforo Vehicular #15. (Fuente: Propia).....	239
Anexo 18. Aforo Vehicular #16. (Fuente: Propia).....	240
Anexo 19. Aforo Vehicular #17. (Fuente: Propia).....	241
Anexo 20. Aforo Vehicular #18. (Fuente: Propia).....	242
Anexo 21. Aforo Vehicular #19. (Fuente: Propia).....	243
Anexo 22. Aforo Vehicular #20. (Fuente: Propia).....	244
Anexo 23. Aforo Vehicular #21. (Fuente: Propia).....	245

Anexo 24. Aforo Vehicular #22. (Fuente: Propia).....	246
Anexo 25. Aforo Vehicular #23. (Fuente: Propia).....	247
Anexo 26. Aforo Vehicular #24. (Fuente: Propia).....	248
Anexo 27. Aforo Vehicular #25. (Fuente: Propia).....	249
Anexo 28. Aforo Vehicular #26. (Fuente: Propia).....	250
Anexo 29. Aforo Vehicular #27. (Fuente: Propia).....	251
Anexo 30. Aforo Vehicular #28. (Fuente: Propia).....	252
Anexo 31. Aforo Vehicular #29. (Fuente: Propia).....	253
Anexo 32. Aforo Vehicular #30. (Fuente: Propia).....	254
Anexo 33. Aforo Vehicular #31. (Fuente: Propia).....	255
Anexo 34. Aforo Vehicular #32. (Fuente: Propia).....	256
Anexo 35. Aforo Vehicular #33. (Fuente: Propia).....	257
Anexo 36. Aforo Vehicular #34. (Fuente: Propia).....	258
Anexo 37. Aforo Vehicular #35. (Fuente: Propia).....	259
Anexo 38. Aforo Vehicular #36. (Fuente: Propia).....	260
Anexo 39. Aforo Vehicular #37. (Fuente: Propia).....	261
Anexo 40. Aforo Vehicular #38. (Fuente: Propia).....	262
Anexo 41. Aforo Vehicular #39. (Fuente: Propia).....	263
Anexo 42. Aforo Peatonal #1. (Fuente: Propia).....	264
Anexo 43. Aforo Peatonal #2. (Fuente: Propia).....	265
Anexo 44. Aforo Peatonal #3. (Fuente: Propia).....	266
Anexo 45. Aforo Peatonal #4. (Fuente: Propia).....	267
Anexo 46. Angamos Este con Av. República de Panamá (Vista en Planta) - Propuesta. (Fuente: Propia).....	268
Anexo 47. Simulación Av. Angamos Este con Av. Tomás Marsano (Vista en Planta) -	

Propuesta. (Fuente: Propia).....	268
Anexo 48. Simulación 3D Av. Aviación Fase 2 - Propuesta. (Fuente: Propia).....	269
Anexo 49. Simulación 3D Av. República de Panamá – Propuesta. (Fuente: Propia).....	269

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

En la actualidad, el crecimiento poblacional, en las principales ciudades alrededor del mundo, ha ocasionado que la mayoría de los medios de comunicación terrestres queden pretéritos, puesto que se ha superado la oferta con la cual se diseñó las autopistas, carreteras y vías urbanas. Ello origina un incremento en la congestión automovilística que no es ajena a la realidad peruana. El Perú es un país deficiente en cuanto a infraestructura vehicular, las medidas para solucionar esta disyuntiva no son eficientes y suelen demorar un tiempo excesivo para su aplicación. Los siguientes artículos asemejan este contexto y permite esclarecer la problemática de la congestión vehicular.

En el artículo científico de los autores Abuamer y Berk, el problema que se enfocan en solucionar es la reducción de la congestión vehicular de las vías de Estambul, Turquía. La investigación tiene como objeto de estudio la sección de la autopista D-100 ubicada en Estambul, ya que esta se extiende desde el borde con Bulgaria hasta el límite con Irán. La problemática surge debido a que la cantidad de vehículos que transitan por ahí es mucho mayor a la capacidad que esta es capaz de albergar. Esto ocasiona que las velocidades disminuyan, la probabilidad de accidentes aumente y la cantidad de emisiones contaminantes provocadas por el uso de combustible. (Abuamer Ismail & Berk Ceikoglu, 2017)

Asimismo, el estudio destaca la ineficacia en la implementación de recursos para mejorar la congestión y afirma que hay dos clases de atasco, las cuales son la congestión recurrente que aparece en las horas punta y la congestión no recurrente que surge a través de sucesos imprevistos. Ciertas soluciones hechas previamente, como adicionar carriles, son ineficientes, porque al aumentar la capacidad de esta manera también aumenta el volumen de vehículos. Por eso, las mejoras en los sistemas de tráfico no han sabido optimizar los flujos vehiculares.

(Abuamer Ismail & Berk Ceikoglu, 2017)

Por otro lado, en el estudio de Chao Lu, la problemática se basa en la congestión vehicular causada por la deficiencia en el sistema de tráfico implementado. Asimismo, es atribuido también como factor a la falta de equidad para los diferentes usuarios que transitan por las vías. El aglomerado es originado por el atasco de varios vehículos a la vez, es decir, por la alta demanda de vehículos que sobrepasa la capacidad de la vía. Esto provoca una disminución en la velocidad utilizada para cruzar la vía y, por ende, el tiempo de retraso aumenta también. (Chao Lu, 2017)

En consecuencia, se produce mayores niveles de estrés o cansancio en los desplazamientos por los medios de transporte público y privado. La clave es la falta de un sistema que controle el volumen de vehículos y los diferentes flujos que interceptan las vías. Los puntos de conflicto creados por la intersección de corrientes vehiculares provocan el estancamiento. Se han realizado estudios para resolver este problema, pero en su mayoría no han sido investigaciones con un óptimo nivel de detalle. De igual manera, existe una escasez de procesos que apoyen la equidad para todos los usuarios y que permitan el acceso equitativo desde los diferentes puntos de la vía. (Chao Lu, 2017)

Realidad problemática

La problemática de la congestión vial produce un impacto de gran envergadura en el litoral limeño. En esta ciudad existen varias zonas por las cuales transitan vehículos en grandes proporciones, los cuales generan puntos de atascamiento que incrementan la demora vehicular y aumentan el número de accidentes. En esta investigación se utilizó el distrito de Surquillo como lugar de estudio, ya que es una de las zonas más concurridas de Lima con varias rutas esenciales para el transporte público y privado que conectan los distritos de Santiago de Surco, San Borja, Miraflores y San Isidro. De acuerdo con el Plan de Incentivos a la mejora de la

gestión y modernización Municipal del 2013, se establece que Surquillo es una localización que afronta los problemas de la incesante circulación de vehículos, el crecimiento del parque automotriz, el incumplimiento de las normas de tránsito por la falta de concientización a la población y el desorden vehicular causado por estas. Asimismo, se ubica en lugar accesible y cercano a los centros de investigación usados para el desarrollo de este proyecto.

Según el Informe Final de Identificación de puntos negros de accidentes de tránsito en la jurisdicción del distrito de Surquillo, en la avenida principal de la localidad, Av. Angamos Este, se produce un flujo vehicular a las 8:00 a.m. aproximadamente de 8000 vehículos, por lo cual se concluye que es uno de los distritos con mayor tráfico vehicular y con accesos más saturados de la zona, especialmente en la Av. Angamos Este. Con la finalidad lograr un estudio exhaustivo y con mayor precisión se decidió emplear como puntos de recolección de datos las avenidas Angamos Este, República de Panamá y Aviación.

En conclusión, el informe de la Municipalidad de Surquillo departamento de Gerencia de Seguridad Ciudadana, denominado Plan de Incentivos a la mejora de Gestión y Modernización Municipal del año 2013 se enfoca que los problemas de la congestión vehicular ya sea privado o público que ocurren en las principales intersecciones urbanas del distrito de Surquillo. La entidad indica en su informe que el aumento del parque automotriz y la circulación desordenada y conflictiva son factores que no permiten un flujo vehicular adecuado. (Calderón, 2013)

Asimismo, el incremento de vehículos que circulan por los distritos de Lima metropolitana está relacionado con el aumento exponencial de la población limeña en estas últimas décadas.

Tabla 1: *Población Total, Censada y Omitida según Censos*

1. MAGNITUD Y CRECIMIENTO POBLACIONAL			
3.1. POBLACIÓN TOTAL, CENSADA Y OMITIDA, SEGÚN CENSOS REALIZADOS, 1940, 1961, 1972, 1981, 1993, 2005 Y 2007			
Año	Población		
	Total	Censada	Omitida
1940	7,023,111	6,207,967	815,144
1961	10,420,357	9,906,746	512,611
1972	14,121,564	13,538,208	583,356
1981	17,762,231	17,006,210	757,021
1993	22,639,443	22,048,356	591,087
2005	27,219,264	26,152,265	1,066,999
2007	28,220,764	27,412,157	808,607

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática

Según los Censos Nacionales de Población y Vivienda elaborados por el INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática), la población de Lima ha aumentado desde el 1993 con 22 639 443 personas hasta el 2007 con 28 220 764 personas, es decir, ha surgido un crecimiento de 5 581 321 pobladores en estas últimas décadas. (INEI, 2017)

El incremento poblacional genera un desmesurado crecimiento en el número de automóviles que circulan en la ciudad. Tal y como lo describe Jorge Nicolás Valle en su artículo “Políticas para mitigar la congestión en la ciudad de Mendoza”, el tráfico se origina porque existe una relación inversamente proporcional entre la velocidad de los vehículos y el número existente de ellos. (Manrique, 2017)

Como antecedente de esta investigación, se buscó información sobre el crecimiento del sector automotriz en los últimos años. Según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC, 2013), la ciudad de Lima ha sufrido un incremento en el flujo vehicular de exponencial.

Tabla 2: *Parque Automotor en Circulación a nivel nacional, según departamentos, 2004-2012*

Departamento	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Total	1 361 403	1 440 017	1 473 530	1 534 303	1 640 971	1 732 834
Lima	866 881	885 636	912 763	957 368	1 036 850	1 106 444

Departamento	2009	2010	2011	2012
Total	1 732 834	1 849 690	1 979 865	2 137 837
Lima	1 106 444	1 195 353	1 287 454	1 395 576

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones - Oficina General de Planificación y Presupuesto.

Como se observa en la Ilustración 3, la cantidad de vehículos que circulan en Lima va en aumento. Entre los años 2004 y 2012, el número de automóviles que circulan por las calles de Lima ha aumentado de 866 881 a 1 395 576 vehículos.

Igualmente, se extrajo información (Ilustración 4) de recientes estudios del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2015) y se halló un aumento importante en el flujo vehicular por unidades de peaje en Lima de 15 287 439 automóviles en el 2015 a 17 302 235 en el 2016.

Tabla 3: *Perú - Flujo Vehicular, según departamento, 2015 – 2016*

Departamento	2016					
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.
Total	5 824 086	5 573 267	5 525 386	4 952 508	5 156 625	4 924 955
Lima	1 643 629	1 517 665	1 569 217	1 275 120	1 333 280	1 254 375

Departamento	2016					
	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
Total	5 759 172	5 594 429	5 220 506	5 782 136	5 640 194	6 336 277
Lima	1 538 843	1 442 313	1 309 097	1 410 713	1 414 815	1 583 168

Fuente: (MTC, 2016)

En datos estadísticos más recientes los resultados siguen los índices de la década pasada (Ilustración 4). Esto se evidencia en el incremento de vehículos que transitan en la ciudad de Lima. A fines del 2015, el número de automóviles fue de 1 431 115 mientras que en diciembre del 2016 llegó a 1 593 168. (INEI, 2016)

Según las fuentes de información analizadas en Lima Metropolitana el incremento del parque automotor sigue en aumento, ya que del 2015 al 2016 se adicionó 162053 vehículos en la capital. Por ello las avenidas (Av. Angamos Este con Av. Tomás Marsano, Av. República de Panamá y Av. Aviación) circulan con un gran flujo vehicular y al momento de interceptarse perpendicularmente ocasionan puntos de conflicto (concurrenciales, direccionales y funcionales). El embotellamiento generado incrementa el tráfico en la capital y con ello el tiempo de desplazamiento de los limeños a diferentes puntos de la ciudad.

Formulación del Problema

¿Se reducirá el grado de saturación en las intersecciones de Av. Angamos Este con Av. Tomás Marsano, Av. República de Panamá y Av. Aviación con un sistema de semaforización que utilice la metodología del *Ramp Metering*?

Hipótesis

El implementar un sistema de semaforización en las intersecciones de Av. Angamos Este con Av. Tomás Marsano, Av. República de Panamá y Av. Aviación con la metodología *Ramp Metering* permitirá mejorar las condiciones de circulación de dichos cruces viales y disminuir el grado de saturación.

Objetivo General

- Mejorar las condiciones de circulación en las intersecciones de Av. Angamos Este con Av. Tomás Marsano, Av. República de Panamá y Av. Aviación; a través de la metodología del *Ramp Metering* con la finalidad de reducir el grado de saturación.

Objetivos Específicos

- Evaluar las condiciones de circulación en las intersecciones de Av. Angamos Este con Av. Tomás Marsano, Av. República de Panamá y Av. Aviación con la finalidad de hallar la hora de máxima demanda y el grado de saturación existente.
- Emplear la metodología *Ramp Metering* en las intersecciones Av. Angamos Este con Av. Tomás Marsano, Av. República de Panamá y Av. Aviación para obtener los flujos entrantes de las vías secundarias y el tiempo de verde con la estrategia ALINEA.
- Analizar los resultados obtenidos al implementar la metodología *Ramp Metering* en las intersecciones Av. Angamos Este con Av. Tomás Marsano, Av. República de Panamá y Av. Aviación; a fin de verificar la disminución del grado de saturación.

Descripción del Contenido

El tema de investigación de tesis que se desarrolla se delimita por un índice que abarca la introducción, el agradecimiento de los alumnos que la desarrollan, un resumen y el marco teórico. Este contempla el significado de las principales denominaciones que se utilizan durante la redacción de la tesis para tener un conocimiento amplio sobre ellas y así, no exista alguna confusión que dificulte la comprensión de los resultados o algún valor calificativo o cuantitativo dentro del trabajo de investigación. Ello con la finalidad que se amplifique la publicación de este documento, para que exista una mayor posibilidad que se realice.

Por otro lado, la tesis incluye dentro de su índice la metodología para resolver el conflicto analizado. El fundamento teórico comprende los conceptos teóricos necesarios para sustentar la tesis. Por último, al desagregar el índice del trabajo investigativo se incluyen los resultados y conclusiones del proyecto, a fin de justificar la metodología presentada.

El primer capítulo se enfoca en el marco teórico del proyecto, donde se comparan las metodologías que resuelven el problema de congestión vehicular centrado al grado de saturación de las intersecciones urbanas. Es decir, se investiga acerca de las técnicas similares al *Ramp Metering* o en caso exista alguna idea innovadora realizar un pequeño estudio sobre ella. Asimismo, se detalla los conceptos empleados en la tesis, entre ellos las definiciones de circulación, grado de saturación, microscopio, mesoscópico, macroscópico, semáforos inteligentes; ya que estos términos son necesarios para la justificación de la metodología a emplear.

Además, estos conceptos delimitan los programas o softwares de micro simulación para recrear la situación verídica que suceda en caso el proyecto de tesis se ejecute.

En el segundo capítulo, se centra en el trabajo en campo, puesto que es necesarios tener una

base de datos para el desarrollo del proyecto. Los datos más relevantes que recolectados son el número de vehículos, la cantidad de peatones y el ciclo que actualmente se ejecuta en las intersecciones Av. Angamos Este con Av. Tomás Marsano, Av. República de Panamá y Av. Aviación. Con los datos obtenidos se puede desarrollar el flujograma de las 3 intersecciones urbanas.

En el tercer capítulo, se presenta las condiciones de circulación que incluye el grado de saturación de cada intersección propuesta en el plan de tesis. Esto indica cómo se encuentran en la actualidad, la congestión vehicular y es un referente para poder tener conocimiento del alcance del proyecto. Es decir, de acuerdo a la situación actual la propuesta de tesis mejora la calidad del caso de estudio.

En el cuarto capítulo, se desarrolla la metodología *Ramp Metering*, la cual es una propuesta para poder cumplir el objetivo principal del estudio. En este episodio se ejecutan todos los procedimientos que conlleva el *Ramp Metering*, entre ellos se desarrolla matemáticamente la formula ALINEA, algoritmo que es pilar de la técnica, ya que analiza en conjunto los datos obtenidos en el trabajo de campo que se explicó en el tercer capítulo. Además, luego del procedimiento matemático se realizan micro simulaciones con el software VISSIM para conocer el nuevo estado del caso de estudio, que son las intersecciones urbanas mencionadas en el título de investigación. El simulador Vissim utiliza el modelo de tráfico deseado con los datos recolectados en las investigaciones. Para eso, se deben ingresar varios datos de entrada mediante el interfaz gráfico Vissim GUI, entre los cuales se encuentran la geometría espacial de la vía analizada, las señalizaciones, los detectores y los flujos vehiculares de cada acceso. Luego de elegir el lenguaje de programación, en este caso, el lenguaje de Matlab, que permite la programación del interfaz Vissim COM, se crea el Cliente COM. Con este software creado se programa la simulación con comandos específicos como ajustes de simulación (simulaciones múltiples y automáticas), comportamiento vehicular, evaluación en línea durante la ejecución

de la simulación y control de señales con respuesta al tráfico.

Luego de ello, se ejecuta la simulación con el programa Vissim COM. De esta manera, se determinan los tiempos de semáforos óptimos, y gracias a ello, se adquieren el nuevo flujo y la capacidad óptima vehicular de cada acceso y las demoras vehiculares de la vía estudiada. (Tettamanti & Horváth, 2015)

Por último, en el quinto capítulo, se analizan los resultados obtenidos de las micro simulaciones para poder determinar si se logró el indicador de logro el cual requiere que el grado de saturación de las intersecciones Av. Angamos Este con Av. Tomás Marsano, Av. República de Panamá y Av. Aviación disminuya de la situación que se investigó a el resultado de aplicar la metodología *Ramp Metering*.

- Costo del levantamiento de información (Trabajo de Campo)

En la presente investigación se ha considerado recopilar los datos de aforo en las intersecciones urbanas de Av. Angamos Este con Av. Tomás Marsano, Av. República de Panamá y Av. Aviación; en un periodo de 14 horas durante 3 días por acceso. Este trabajo en campo tiene un costo que es financiando con la ayuda de amigos, familiares y conocidos que voluntariamente forman parte del grupo técnico encargado del levantamiento de información en los casos de estudio previamente identificados.

- Gestión de recursos/presupuesto

En el caso de ser viable esta investigación y se deseara ejecutar, se ha aproximado un costo al implementar la metodología de *Ramp Metering*. Este costo se ha asociado con estudios similares que han ejecutado una red de semaforización. Según el artículo “Sistema de Semáforos Inteligentes Utilizado Sensores de Presencia” de la revista mexicana “Aplicaciones de la Ingeniería” (Jacobo, 2015) el costo total de implementar 1 semáforo de control digital y

4 sensores que tengan un equipo de calibración fue de 450,000.00 pesos mexicanos. No obstante, este costo solo es una aproximación al proyecto real que se desearía ejecutar, ya que el tema de investigación tiene una propuesta de una red de semaforización con 4 dispositivos de control de transporte y 16 sensores digitales. Por lo tanto, si se desea convertir las unidades monetarias mexicanas a nacionales con las restricciones propuestas se realizaría una inversión de 305480 soles, en el ámbito técnico y tecnológico.

1. MARCO TEÓRICO

En el siguiente ítem de la tesis de investigación se explican brevemente los términos que se emplean durante la elaboración del proyecto.

1.1. Transporte Urbano

Transporte urbano es todo aquel transporte de personas que discurra íntegramente por suelo urbano, definido por la legislación urbanística, así como los que estén exclusivamente dedicados a comunicar entre sí núcleos urbanos diferentes, situados dentro de un mismo término municipal. (Palacios, 2016)

- **Gerencia de Transporte Urbano (GTU)**

Es una entidad que se encarga de mejorar la señalización, semaforización y mantenimiento de las vías de la ciudad de Lima. Este ente promueve el desarrollo e implementa los planes de movilidad urbana sostenible, de seguridad vial y gestión del tránsito con el propósito de elevar la calidad de vida de los habitantes de Lima Metropolitana. Asimismo, tiene la visión de implementar un Sistema de Tránsito y Transporte que promueva una mejor calidad de vida a la comunidad con la operación de sus servicios en forma integrada y eficiente, ofreciendo seguridad, orden, dentro de un ambiente equilibrado y una infraestructura vial adecuada, en armonía con el desarrollo sostenido de la ciudad. (Gerencia de Transporte Urbano, 2015)

1.2. Congestión Vehicular

Es la condición de obstruir o entorpecer el paso, la circulación o el movimiento de los vehículos. A medida que aumenta el tránsito, se reducen cada vez más fuertemente las velocidades de circulación, y por ende el tiempo de circulación aumenta. (Thomson & Bull, 2002)

1.3. Flujo Vehicular

También llamado, demanda vehicular, es la cantidad de vehículos que requieren desplazarse por un determinado sistema u oferta vial. Es el número de vehículos que transitan un lugar específico cada unidad de tiempo determinado. (Oñate, 2015)

- Capacidad Vehicular

También llamado oferta vehicular o vial, representa la cantidad máxima de vehículos que finalmente pueden desplazarse o circular en dicho espacio físico. Es el número máximo de automotores que pueden pasar por un punto dato, en un carril o en una calzada, durante un periodo de tiempo dado normalmente una hora, bajo las condiciones prevalecientes de tránsito y estado de la vía. (Ministerio de Transporte Santa Fe de Bogotá, 1998)

1.4. Horario de Máxima Demanda Vehicular

Denominado VHMD, es el horario pico en el cual ocurre la mayor demanda vehicular en un lugar determinado. Es el representativo de los periodos de máxima demanda que se pueden presentar durante un día en particular. El volumen vehicular puede ser o no constante durante ese período de tiempo. Este volumen es conocido como Volumen Horario de Máxima Demanda. (Morgan, Mendoza, & Solorzano, 2014)

Luego, con estos valores es posible hallar el factor horario de máxima demanda o factor de hora pico para determinar la variación del volumen del tránsito de un acceso determinado.

Ecuación 1: Factor Horario de Máxima Demanda

$$FHMD = \frac{VHMD}{N * (qmáx)} \quad (1.4.1)$$

Fuente: (Highway Manual Capacity 2010, 2010)

Donde:

VHMD: Volumen Horario de Máxima Demanda Vehicular

N: Número de períodos durante la hora de máxima demanda

q máx.: Flujo o demanda vehicular máxima

1.5. Grado de Saturación

Según el artículo científico de la investigadora Daniella Rodríguez Urrego el grado de saturación es la relación entre la tasa de flujo y la capacidad de las vías de comunicación terrestres. Esta definición se puede traducir del manual HCM 2010 donde se indica que el grado de saturación es la división de la demanda entre la oferta. (Urrego, 2015)

Ecuación 2: Ecuación de Grado de Saturación

$$\frac{v}{c} i = X_i = \frac{v_i}{s_i + \left(\frac{g_i}{c}\right)} \quad (1.5.2)$$

Fuente: (Highway Manual Capacity 2010, 2010)

Donde:

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

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

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

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

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

Ecuación 3: Ecuación del Flujo de Saturación

$$S = S_o f_w f_{HV} f_g f_p f_{bb} f_a f_{LU} f_{LT} f_{RT} f_{Lpb} f_{Rpb} \quad (1.5.3)$$

Fuente: (Highway Manual Capacity 2010, 2010)

Donde:

So: Flujo de saturación base

fw: Factor ajuste ancho de carril unidad

fHV: Factor por vehículos pesados (unidas coche patrón)

fg: Factor de ajuste por inclinación del acceso

fp: Factor de ajuste por existencia del carril de estacionamiento

fbb: Factor de ajuste por efecto de los autobuses locales que paran dentro de la zona

fa: factor de ajuste por tipo de área

fLU: Factor de ajuste por utilización de carril

fLT: Factor de ajuste por giro a la izquierda

fRT: Factor de ajuste por giro a la derecha

fLpb: Factor de ajuste por movimientos a la izquierda de peatones

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

Todos estos factores son necesarios para hallar el flujo de saturación. No obstante, para hallar estos se requiere información y datos del tráfico de la intersección. Estos varían por lugar así que son datos que deben ser recopilados del campo o de estadísticas pasadas. Además, estas fórmulas son basadas en la realidad estadounidense, y deben ser adaptadas si se desea utilizar en un contexto limeño.

De acuerdo con el HCM 2010, el flujo de saturación base se determina según el número de habitantes de la zona. Si la intersección en cuestión se encuentra en un área metropolitana con 250 000 habitantes o más, el flujo de saturación base (So) es 1900 automóviles/carril/hora, y si

es menor el So es 1750. Por otro lado, el factor de ajuste de ancho de carril (fw) se calcula de acuerdo al ancho del carril en estudio.

Tabla 4: *Cuadro de Factor de ajuste de ancho de carril (fw)*

Promedio ancho de carril (m)	Factor ajuste ancho de carril (fw)
Menor a 3.00 m.	0.96
Mayor o igual a 3.00 m. y menor a 3.92 m.	1.00
Mayor o igual a 3.92 m.	1.04

Fuente: (Highway Manual Capacity 2010, 2010)

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

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

Ecuación 4: Fórmula del factor por vehículos pesados (fHV)

$$f^{HV} = \frac{100}{100 + PHV(ET - 1)} \quad (1.5.4)$$

Fuente: (Highway Manual Capacity 2010, 2010)

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

Ecuación 5: Fórmula del factor por pendiente en el acceso

$$fg = 1 - \frac{Pg}{200} \quad (1.5.5)$$

Fuente: (Highway Manual Capacity 2010, 2010)

Donde:

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

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

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

Ecuación 6: Fórmula del factor por estacionamiento adyacente al grupo

$$fp = \frac{N - 0.1 - \frac{18Nm}{3,600}}{N} \quad (1.5.6)$$

Fuente: (Highway Manual Capacity 2010, 2010)

Donde:

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

N: Número de carriles por grupo.

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

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

Ecuación 7: Fórmula del factor por bloqueo de buses

$$fbb = \frac{N - \frac{14.4Nb}{3,600}}{N} \quad (1.5.7)$$

Fuente: (Highway Manual Capacity 2010, 2010)

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

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

Ecuación 8. Factor de ajuste por utilización de carriles

$$fLU = \frac{Vg}{Vg1 * N} \quad (1.5.8)$$

Fuente: (Transportation Research Board, 2010)

Donde:

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

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

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

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

Ecuación 9: Fórmula del factor por giro a la izquierda

$$f_{LT} = \frac{1}{E_L} \quad (1.5.9)$$

Fuente: (Highway Manual Capacity 2010, 2010)

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

Tabla 5: *Factor por giro a la izquierda y equivalente ADE sin flujo opuesto*

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

Fuente: (Highway Manual Capacity 2010, 2010)

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

Tabla 6: *Factor de ADE (automóvil directo equivalente) con flujo opuesto*

Giros a la izquierda carril compartido con presencia de flujo opuesto							
Flujo Opuesto	1	200	400	600	800	1000	1200
EL	1.4	1.7	2.1	2.5	3.1	3.7	4.5
Giros a la izquierda carril exclusivo con presencia de flujo opuesto							
Flujo Opuesto	1	200	400	600	800	1000	1200
EL	1.3	1.6	1.9	2.3	2.8	3.3	4.0

Fuente: (Highway Manual Capacity 2010, 2010)

En cambio, en los casos que al girar para la izquierda haya presencia de flujo opuesto los valores de EL varían desde 1.3 a 4.5, es decir el factor f_{LT} se encuentra desde 0.22 hasta 0.77.

Luego se encuentra el factor contrario, el factor por giro a la derecha con la fórmula mostrada a continuación.

Ecuación 10: Factor por giro a la derecha en un grupo de carril

$$f_{RT} = \frac{1}{E_R} \quad (1.5.10)$$

Fuente: (Highway Manual Capacity 2010, 2010)

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

Tabla 7: *f_{RT} y E_R equivalentes ADE para vehículos de giro a la derecha*

Tipo de carril	E_R Equivalentes ADE para vehículos de giro a la derecha	f_{RT}
Un carril exclusivo o compartido	1.18	0.85
Dos o más carriles exclusivos o compartidos	1.33	0.75

Fuente: (Highway Manual Capacity 2010, 2010)

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

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

Ecuación 11: Fórmula de demanda de peatones durante el tiempo de verde

$$V_{pedg} = V_{ped} \frac{C}{g_{ped}} \leq 5,000 \quad (1.5.11)$$

Fuente: (Highway Manual Capacity 2010, 2010)

Donde:

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

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

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

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

Ecuación 12: Ocupación de peatones en verde – $v_{pedg} \leq 1000$ p/h

$$OOC_{peg} = \frac{V_{pedg}}{2,000} \quad (1.5.12)$$

Fuente: (Highway Manual Capacity 2010, 2010)

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

Ecuación 13: Ocupación de peatones en verde – $v_{pedg} > 1000$ p/h

$$OCC_{pedg} = 0.4 + \frac{V_{pedg}}{10,000} \leq 0.90 \quad (1.5.13)$$

Fuente: (Highway Manual Capacity 2010, 2010)

Donde:

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

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

Ecuación 14: Fórmula de demanda de bicicletas durante el tiempo de verde

$$V_{bicg} = V_{bic} \frac{C}{g} \leq 1,900 \quad (1.5.14)$$

Fuente: (Highway Manual Capacity 2010, 2010)

Donde:

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

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

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

La ocupación peatonal se determina con la siguiente fórmula.

Ecuación 15: Fórmula de la ocupación peatonal en verde

$$OCCbicg = 0.02 + \frac{Vbicg}{2,700} \quad (1.5.15)$$

Fuente: (Highway Manual Capacity 2010, 2010)

Donde:

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

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

La fórmula de OCC_γ solo para peatones es:

Ecuación 16: Fórmula de la ocupación de la zona de conflicto solo para peatones

$$OCC_\gamma = \frac{g_{ped}}{g} OCC_{pedg} \quad (1.5.16)$$

Fuente: (Highway Manual Capacity 2010, 2010)

La fórmula de OCC_γ para peatones y bicicletas es:

Ecuación 17: Fórmula de la ocupación de la zona de conflicto para peatones y bicicletas en vías de un sentido

$$OCC_\gamma = \left(\frac{g_{ped}}{g} OCC_{pedg} \right) + OCCbicg - \left(\frac{g_{ped}}{g} OCC_{pedg} OCCbicg \right) \quad (1.5.17)$$

Fuente: (Highway Manual Capacity 2010, 2010)

Donde:

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

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

OCCpedg: Es la ocupación de peatones en verde.

OCCbicg: Es la ocupación de bicicletas en verde.

Ecuación 18: Fórmula de ocupación de la zona de conflicto para peatones y bicicletas en vías de dos sentidos, si el tiempo de verde del acceso opuesto es menor al tiempo de verde para el paso de peatones

$$OCCpedu = OCCpedg(1 - \frac{0.5gq}{gped}) \quad (1.5.17)$$

Fuente: (Highway Manual Capacity 2010, 2010)

Donde:

gp: tiempo de verde acceso opuesto (s)

gp: tiempo de verde permitido del acceso (s)

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

C: longitud del ciclo del semáforo.

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

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

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

Ecuación 19: Fórmula de la ocupación de la zona de conflicto para peatones y bicicletas en vías de dos sentidos, si el tiempo de verde del acceso opuesto es mayor igual al tiempo de verde para el paso de peatones

$$OCCpedu = 0.0 \quad (1.5.19)$$

Fuente: (Highway Manual Capacity 2010, 2010)

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

Ecuación 20: Ocupación de zona de conflicto importante

$$OCCy = \frac{gped - gq}{gp - gq} (OCCpedu)^{e^{-5.00v_0/3,600}} \quad (1.5.20)$$

Fuente: (Highway Manual Capacity 2010, 2010)

Donde:

gq: tiempo de verde acceso opuesto (s)

gp: tiempo de verde permitido del acceso (s)

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

Vo: flujo opuesto (veh/h)

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

OCCy: zona de conflicto importante

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

(1.5.21)

$$A_{pbt} = 1 - OCCy$$

Fuente: (Highway Manual Capacity 2010, 2010)

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

$$A_{pbt} = 1 - 0.6 OCCCy \quad (1.5.22)$$

Fuente: (Highway Manual Capacity 2010, 2010)

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

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

Tabla 8: *flpb* (factor de peatones y bicicletas para grupos con giro a la izquierda)

Tipo de carril	fLpb
No hay peatones o ciclistas en conflicto	1.00
Calle de un solo sentido	Apbt
Calle en dos sentidos con giro permitido a la izquierda	Apbt
Calle en dos sentidos con giro permitido y protegido a la izquierda	Apbt
Calle en dos sentidos con giro protegido a la izquierda sin flujo opuesto	1.00

Fuente: (Highway Manual Capacity 2010, 2010)

Tabla 9: *frpb* (factor por peatones y bicicleta para grupos con giro a la derecha)

Tipo de carril	fRpb
No hay peatones o ciclistas en conflicto	1.00
Giro permitido a la derecha	Apbt
Giro permitido y protegido a la derecha	Apbt
Giro protegido a la derecha	1.00

Fuente: (Highway Manual Capacity 2010, 2010)

Luego de determinar el último factor según el análisis correspondiente a los giros que se dan en una intersección se puede calcular el flujo de saturación. Este es hallado inmediatamente después de multiplicar todos los factores de ajuste según el procedimiento que dicta el HCM 2010.

1.6. Semaforización

- **Semáforo inteligente**

Se define semáforo inteligente al aparato que permite el paso de vehículos o personas en intersecciones. Posee la capacidad tecnológica que adapta el flujo vehicular actual y lo analiza constantemente para optimizar el ciclo del semáforo, es decir los tiempos de espera varían según la necesidad requerida para poder cruzar el acceso o el cruce perpendicular de avenidas. (LAKHANI, 2015)

- **Sensores Inteligentes en Semáforos**

Es un instrumento de tiene la capacidad de identificar las variables de la circulación. Estas pueden ser químicas o físicas, ejemplo de ello es el tiempo actual, estado de vías y las tendencias del congestionamiento vehicular. (LAKHANI, 2015)

- **ITS Sistema de Transporte Inteligente (*Intelligent Transportation Systems*)**

Se puede definir el sistema de transporte inteligente al conglomerado de conocimientos aplicativos que tienen la finalidad de contrarrestar el incremento de la circulación vehicular al optimizar las vías de transporte. Ello al gestionar los conocimientos de transporte e incluir avances tecnológicos en la informática. (LAKHANI, 2015)

1.7. Ramp Metering

Es un sistema de transporte con el fin de reducir el tráfico en las intersecciones circulatorias. Este método se basa en colocar un detector de colas en el acceso principal de las intersecciones que este anexo a los semáforos de las vías secundarias. Al sobrepasar una determinada longitud de número de carros, el dispositivo ubicado en el pavimento manda una señal al semáforo del acceso yuxtapuesto a fin de que evite el ingreso de los vehículos al acceso por un tiempo determinado.

Los datos de entrada que se requieren implementar son el flujo vehicular de la vía principal, el tiempo de análisis para el cálculo de los flujos de los accesos secundarios en cada intersección, la capacidad vehicular puesta abajo real y la capacidad vehicular puesta abajo deseada. En este procedimiento los flujos de entrada y salida se relacionan para crear el ciclo continuo que permite el funcionamiento completo del *Ramp Metering*.

Aquí surgen las variables de capacidad deseada, flujo vehicular de la vía principal y la capacidad vehicular hallada mediante sensores. Estos datos se usan para hallar el flujo deseado y el flujo de entrada. Al emplear la metodología *Ramp Metering* mediante el algoritmo ALINEA se puede calcular la proporción de flujo entrante a la vía principal con la fórmula mostrada a continuación.

Ecuación 21: Ecuación del flujo entrante

$$r(k) = r(k - 1) + K_R(O - O_{out}(k - 1)) \quad (1.6.23)$$

Fuente: Abuamer & Berk Ceikoglu

En la ecuación, el símbolo k determina el tiempo dado en el que se requiere calcular el flujo. Por otro lado, $r(k)$ significa el flujo entrante por la rampa, $O_{out}(k - 1)$ indica el porcentaje de la capacidad vehicular puesta abajo hacia la misma dirección y O determina el porcentaje de la capacidad deseada. Asimismo, K_R indica el parámetro usado para ajustar las interferencias en

la retroalimentación del sistema. En esta ecuación, $r(k)$ debe encontrarse entre r mínimo y r máximo para evitar la clausura de la rampa de entrada y la saturación de ella respectivamente. Sin embargo, el flujo de entrada hallado puede variar con respecto al real debido apariciones de vehículos de gran tamaño o capacidad, violaciones de la luz roja, operaciones en la señalización, entre otros. Para calcular el tiempo de verde se utiliza el flujo hallado anteriormente y el algoritmo ALINEA emplea para este proceso la ecuación mostrada a continuación.

Ecuación 22: Ecuación del tiempo de verde

$$g = \left(\frac{r(k)}{rsat} \right) \cdot C \quad (1.6.24)$$

Fuente: Abuamer & Berk Ceikoglu

La ecuación muestra que relaciona el flujo del acceso de entrada entre la saturación en ese acceso multiplicado por el ciclo del semáforo para hallar el tiempo de verde de la rampa de acceso. En síntesis, gracias a este procedimiento, se logran obtener el flujo vehicular y el tiempo de verde de la rampa de los accesos a la vía principal. (Abuamer Ismail & Berk Ceikoglu, 2017)

Por otro lado, según el artículo “Utilizing Vissim to Evaluate Ramp Metering Performance” de los autores Akmal Abdelfatah, ALINEA se define como una estrategia que analiza la demanda vehicular entrante y la capacidad de salida en una intersección tipo cruz o en una carretera para poder determinar el tiempo de los ciclos y el periodo óptimo.

El sistema de *Ramp Metering* beneficia no solo a la entrada más saturada, sino también a las adyacentes, ya que se crean espacios para una mayor libertad en el desplazamiento de los vehículos. Gracias a un estudio de la Universidad Politécnica de Valencia, se registraron datos mediante simulaciones basadas en la rotonda El Saler, ubicada en la ciudad Valencia. Según la investigación, el sistema implementado disminuiría en 60% los tiempos de circulación y tendría un costo aproximado de 14 300 euros.

Por el lado de la tecnología, el sistema *Ramp Metering* utiliza el programa VISSIM, este software tiene como función simular, a menor escala, el tránsito de una ciudad. Además, este sistema posee un emulador VispVap y brinda diferentes combinaciones de escenarios para obtener el más óptimo de todos, analizando las situaciones más críticas durante el análisis del congestionamiento vehicular. (Moreno, 2016)

La técnica del *Ramp Metering* se basa en el uso de detectores de gran alcance, los cuales con ayuda de una implementación de semáforos asocia parámetros de congestión. Estos parámetros, mediante imanes en movimiento, envían señales a partir del flujo masivo que transcurre por el canal principal y los adyacentes en una intersección circular. Su función es analizar la saturación de una vía para redirigir la semaforización de las vías transversales. Este objetivo se logra a partir del software VISSIM, ya que brinda las simulaciones en el estado más crítico de las vías con la ayuda del emulador VispVap. En la siguiente ilustración se representa de forma gráfica el sistema *Ramp Metering*.

Figura 1. Principio de Ramp Metering de carretera. Fuente: (Hassane Abouaïssa, 2013)

Como se observa, el cálculo de los tiempos de semáforo depende del tráfico del acceso principal. A medida que la longitud de las filas de vehículos en la vía principal se alarga, menor es la cantidad de automóviles que se les permite salir de la rampa secundaria. Para el procesamiento de estos datos, se necesita la programación de ciertos softwares.

Los algoritmos más utilizados pertenecen a los sistemas de Fuzzy Logic en Washington y Florida, CARMA (Algoritmo Adaptativo de *Ramp Metering* de Corredores) en Missouri, HERO (Coordinación Heurística de *Ramp Metering*) en Australia, SWARM (Sistema Adaptativo Amplio de *Ramp Metering*) en Oregón y California, SZM (Medición de Zonas Estratificadas) en Minnesota y en los demás lugares se utiliza el algoritmo ALINEA. Estos programas se basan principalmente en las diferencias entre la demanda y la capacidad de las vías. (Administración Federal de Carreteras de los Estados Unidos, 2017)

Es utilizada en diversos países, principalmente en Australia, Nueva Zelanda y Norteamérica, dando resultados positivos al reducir los retrasos de los flujos vehiculares intersecciones. La técnica fue implementada por primera vez en la década de los 60' en Estados Unidos, en la ciudad de Chicago. Luego fue instalada en otras ciudades metropolitanas como Los Ángeles y Detroit. Posteriormente, se expandió su uso a Oceanía y Europa. En estos últimos años, debido a los antecedentes favorables, Japón y Turquía también han comenzado a implementar esta medida. (Administración Federal de Carreteras de los Estados Unidos, 2017).

La técnica del *Ramp Metering* se ha utilizado como medida para reducir la congestión vehicular en las vías automovilísticas de varios países, especialmente en Australia, Reino Unido y Estados Unidos. En los casos de estudios investigados se instalaron un sistema innovador de dispositivos de bucle inducido. Estos sensores envían señales a los semáforos para que sean procesados y así determine los períodos de tiempo que permitan a los vehículos ingresar o no a la vía principal. Luego, de acuerdo a los flujos en la vía, los sensores vuelven a detectar los parámetros, es decir el sistema es retroalimentado, creando un ciclo continuo.

Además, se utilizó para el análisis de esta técnica el algoritmo RAS-EQ, una combinación entre ALINEA y RAS. El algoritmo determinaría el ciclo óptimo de los semáforos con la ayuda del programa de micro-simulaciones VISSIM. Este disminuyó de manera eficaz el tiempo de retraso y promueve el tránsito fluido en intersecciones tipo cruz. Además, el algoritmo distribuiría equitativamente el flujo vehicular de cada entrada hacia las vías, ya que este se especializa en no restringir el acceso de ciertas entradas para beneficiar a otras, es decir, promueve la equidad en el tráfico vehicular. Este algoritmo solo se ha utilizado hasta ahora en vías y autopistas.

- ALINEA

Según el artículo “Utilizing Vissim to Evaluate *Ramp Metering* Performance” de los autores Akmal Abdelfatah, ALINEA se define como una estrategia que analiza la demanda vehicular entrante y la capacidad de salida en una intersección tipo cruz o en una carretera para poder determinar el tiempo de los ciclos y el periodo óptimo.

Figura 2. Ilustración de estrategia ALINEA. Fuente: (Akmal Abdelfatah1, 2012)

1.8. Aforos

Es una representación que cuantifica las características vehiculares que suceden en una intersección urbana o en diferentes vías de comunicación terrestre. El aforo puede ser calculado por diferentes metodologías automáticas, portátiles y manuales. En el caso del aforo manual es el conteo presencial en el área de estudio de los peatones y vehículos, los cuales son una muestra del estado actual de la intersección. Se clasifican los vehículos en diversos medios de transporte, como automóviles, buses, camiones de acuerdo con su número de ejes, motos, entre otros. De igual manera, para un análisis con una mayor precisión de la realidad se afora la cantidad de bicicletas que se trasladan por la vía o intersección.

Este conteo permite identificar los tipos de vehículos del flujo vehicular, en la mayoría de casos el número de automóviles es superior al de buses, camiones, etc. El aforo manual clasifica los giros y movimientos de los elementos que se cuentan cruzando la intersección para comprobar de manera minuciosa el estado del caso de estudio. (Hernández & Urueta, 2015)

Los aforos consisten específicamente en un proceso de contar el número de vehículos según su tipo, el período de tiempo y su velocidad, que pasan por un punto determinado. En este caso, los puntos de conteo son las intersecciones en estudio. Asimismo, este procedimiento se debe tomar en cuenta en la época y horario que se realiza, ya que los días de conteo deben ser días representativos, en los cuales el tránsito sea el cotidiano. Por eso, con la finalidad de lograr un resultado que incorpore el tráfico común se manejan días laborables y escolares, excluyendo los días con sucesos importantes como manifestaciones, marchas, procesiones, etc. Además se frecuentan realizar los aforos vehiculares durante las horas pico de la vía o intersección en cuestión a fin de recopilar datos para el estado más crítico. También se elaboran encuestas para hallar las características del conductor, del vehículo o del viaje. Se encuesta a los conductores en lugares concurridos para que estos puedan tener el tiempo de responder a las preguntas y para formalizarlas se deben analizar la población y la muestra requerida. Al entrar en más

detalle, se puede efectuar encuestas sobre el estado o la sensación de saturación de la vía o intersección que transitan, y así comparar con los grado de saturación obtenidos en los aforos vehiculares. (Iniestra Gomez, Sandoval, Allen Rogers, Tejada , & Aguilar Gómez, 2009)

Durante el aforo se debe dividir en intervalos pequeños, mayormente cada 10 o 15 minutos. En la ficha de aforo se registra la hora de inicio y la hora final de cada intervalo y del total. Asimismo, se coloca la fecha y el nombre del aforador. De la misma manera, se colocan los movimientos o giros que el vehículo efectúa.

1.9. Investigación del software VISSIM

Vissim es un simulador microscópico de tráfico vehicular basado en el comportamiento de los vehículos. El objetivo del modelo microscópico es la descripción precisa de las dinámicas de tráfico. Debido a ello, el sistema de tráfico simulado puede ser analizado en detalle. Este simulador usa el modelo de comportamiento vial hecho por el investigador Wiedemann en el 1974.

Asimismo, ofrece una interfaz gráfica GUI, por la cual se puede diseñar la geometría de cualquier tipo de red de vías y crear simulaciones de manera simplificada. Con la finalidad de acceder y manipular dinámicamente los objetos de Vissim durante la simulación se emplea el interfaz Vissim COM. (Tettamanti & Horváth, 2015)

1.10. Contraste de simuladores de tráfico

Existen una gama extensa de simuladores de tráfico a disposición para ser utilizados en la presente investigación. Sin embargo, para la elección de una de ellas se realizó una comparación de estos con el fin de visualizar sus beneficios y sus desventajas. Para este proyecto se usa un simulador microscópico, porque para analizar en detalle las tres intersecciones conformadas por la vía principal Av. Angamos Este y las secundarias Av. República de Panamá, Av. Tomás Marsano y Av. Aviación se necesita una simulación que

demuestre el flujo, la capacidad, la demora y los ciclos óptimos de cada acceso en cuestión.

- SmartPath

El simulador SmartPath es un paquete de simulación para un sistema de autopistas automatizado (AHS). El programa se puede usar para comprender cómo se comportaría un AHS bajo varias políticas de control en términos de capacidad de la carretera, flujo de tráfico y otras medidas de desempeño de interés para los planificadores e ingenieros del sistema de transporte.

SmartPath también se puede usar para probar, simular y evaluar el rendimiento de los diseños de diferentes módulos e instrumentaciones, como modelos de motores, sensores y comunicaciones. SmartPath es un programa que micro simula: los elementos del sistema y las políticas de control se modelan individualmente. Las políticas de control están, en su mayoría, especificadas paramétricamente, de modo que los usuarios pueden estudiar las variaciones de los flujos vehiculares cambiando las especificaciones de los parámetros.

Figura 3. Programa SamrtPath. Fuente: (TransoftSolutionsDE, 2010)

Es un simulador con varias características necesarias, sin embargo, este programa fue creado en el 1991 y no contiene varias características que nuevos simuladores tienen, como el comportamiento variable de los conductores o el flujo de peatones, bicicletas y motos, ya que este software no ha sido actualizado ni modificado últimamente. (Eskafi, Khorramabadi, & Varaiya, 1995)

- SIDRA

SIDRA es un programa de micro simulación que relaciona la demanda existente en las intersecciones, ya que necesita obtener información acerca del flujo vehicular una vez comenzado el programa. Asimismo, de acuerdo al estudio de Chen Tianzi en el artículo “Comparative Study of VISSIM and SIDRA on Signalized Intersection”, al analizar un caso de estudio sobre el control efectivo en una intersección de autopista la cual incluye el retraso de vehículos y la capacidad de que poseen las vías; el software VISSIM resulto ser el que posee mayor precisión. Esto debido a que los resultados analizados el error del software SIDRA fue de 14.78%, mientras que VISSIM obtuvo un error de 10.18%. (CHEN Tianzia, 2013)

- Comparación de Simuladores

Asimismo, se utiliza un cuadro obtenido del informe “A Comparative Study of Urban Road Traffic Simulators” escrito por Saidallah, El Fergougui & Elalaoui que explica las ventajas y desventajas de los diferentes simuladores de tráfico vehicular.

Simulators	Model			Category		System		Visualization		Infrastructure						Vehicles and pedestrians					Scope Area			Detectors		GIS			
										Difficulty			Flexibility																
	I	E	A	O	C	D	C	2D	3D	E	M	D	F	L	VL	T	D	R	E	O	I	R	O	WD	WL	Y	P	N	
AIMSUN	√	√	√		√		√	√	√			√	√					√	√	√		√	√	√	√	√			
ARCHISIM	√				√	√		√				√			√						√			√					√
CORSIM	√				√	√		√	√						√			√	√		√	√		√					√
MATSim	√			√			√	√						√							√	√		√			√		
MITSIMLab	√			√				√						√							√			√					√
Paramics	√				√	√		√	√				√					√	√	√	√	√		√	√				
SimTraffic	√				√			√	√	√				√				√	√		√	√		√					√
SUMO	√			√			√	√				√			√						√	√		√					
TRANSIMS	√	√		√		√		√							√							√	√	√					
TransModeler	√	√	√		√			√	√					√					√			√	√	√			√		
VISSIM	√				√		√	√	√	√			√					√	√	√	√	√		√	√		√		

Figura 4: Comparativa de simuladores de tráfico. Fuente: (Saidallah, El Fergouggi & Elalaoui)

Según la Figura, hay varios softwares de simulación como ARCHISIM, CORSIM, MATSim, MITSIMLab, Paramics, SimTraffic, SUMO y VISSIM que son especializados en micro-simulaciones. Además, existen otros como TRANSIMS, TransModeler y AIMSUN que abarcan simulaciones mesoscópicas y macroscópicas, pero estas no se especifican a detalle debido a que tiene otro tipo de alcance, distinto al requerido para el proyecto.

De acuerdo con las categorías, el VISSIM es un software comercial, el cual es vendido en varias partes del mundo y a diferencia de otros como MATSim y TRANSIMS no es de fuente abierta. De igual manera, el sistema del VISSIM es uno que está en constante retroalimentación y permite encontrar los errores de la simulación para en próximas ocasiones hallar una solución a ello.

Este programa tiene un sistema continuo, por lo que la información captada es tomada en cuenta para futuras recolecciones de datos. Entre los simuladores existen unos que se visualizan de manera 2D y otras en 3D también. En el caso de VISSIM, este corre el programa en 2D y 3D. Sin embargo, existen otros como ARCHISIM, MATSim, MITSIMLab, SUMO, TRANSIMS que solo actúan en formato 2D.

Según el cuadro mostrado, otra categoría importante es la dificultad en el uso de la infraestructura y en la flexibilidad. En ella, VISSIM se evalúa como un simulador de uso sencillo y flexible ante diferentes ocasiones durante su uso. Este supera a otros softwares microscópicos como ARCHISIM, SUMO y CORSIM, ya que estos últimos se encuentran con una limitada flexibilidad en su infraestructura y no le permite implementar varios parámetros que cambian el estado de la simulación. Asimismo, otro aspecto en el que VISSIM resalta es la inclusión de peatones, buses y tranvías en la simulación del tráfico en el programa, así como el de las prioridades de paso. Existen otros softwares como Paramics, que también incluyen estas características.

El programa cuenta con simulaciones en zonas urbanas en diferentes lugares de estudio a nivel local y regional. Adicionalmente, se observan otros simuladores con escalas de simulación que llegan a nivel nacional. Otro punto de gran impacto es la posibilidad de utilizar sensores con cable e inalámbricos en simuladores como VISSIM y Paramics, mientras que las demás solo utilizan sensores con cable.

En la última categoría de la tabla se encuentra el uso de la tecnología GIS, el cual se basa en la importación de mapas geográficos para la recolección de información necesaria para codificación de redes de carreteras. En esta, el software VISSIM es el único micro-simulador aparte de MATSim que sí utiliza este sistema tecnológico. (Saidallah, El Fergoug, & Elalaoui, 2016)

1.11. Comparación de metodologías de semaforización

- Método Lineal de Greenshields

El método propuesto por el Dr. Bruce Douglas Greenshields ha determinado a lo largo de la historia una base teórica relacionado con el flujo vehicular. Según la investigación que el autor realizó en 1934, que sigue vigente hasta la actualidad, la velocidad y la densidad son relacionadas linealmente para determinar el flujo vehicular.

El autor pudo determinar este concepto mediante el método fotográfico de análisis, concluyo que la velocidad del automóvil que lidera el flujo vehicular limita la capacidad de avance de los vehículos posteriores. Se sustentó este método al analizar un aproximado de 800 automóviles y seis mil fotografías. (Vega, 2016)

El Dr. Greenshields empleó la siguiente ecuación para definir la relación que existe entre la densidad vehicular, la demanda y la velocidad.

Ecuación 23: Ecuación del Método Lineal de Greenshields

$$u = uf \left(1 - \frac{k}{kj}\right) \quad (1.11.25)$$

Fuente: (Vega, 2016)

Donde:

u: velocidad media espacial

uf: velocidad media espacial de flujo libre

kj: densidad de congestión

k: densidad

Con ayuda de esta ecuación la investigación de Greenshields ha influido en el desarrollo de los proyectos viales hasta la actualidad.

- Método de Webster

El método de Webster puede determinar el ciclo óptimo de una intersección, así como los tiempos de verde efectivos para una intersección vial, ello por ser considerado por un método detallado que emplea la siguiente fórmula.

Ecuación 24: Ecuación de Webster

$$Co = \frac{1,5.l + 5}{1 - \sum_{i=1}^{\varphi} Yi} \quad (1.11.26)$$

Fuente: (González-Fernández, Ruiz-Caballero, & Castilla-González, 2017)

Donde:

Co: ciclo óptimo (seg)

L: tiempo total perdido (seg)

Yi: carril crítico de la fase i.

φ: número de fases

Asimismo, dentro de la metodología de Webster se puede determinar el tiempo de verde efectivo a través de la siguiente fórmula.

Ecuación 25: Tiempo efectivo de luz verde

$$gT = C - \sum_{i=1}^{\varphi} (Ai + TRi) \quad (1.11.27)$$

(González-Fernández, Ruiz-Caballero, & Castilla-González, 2017)

gT: duración de verde efectivo total (seg)

C: duración real del ciclo (seg)

Por último, la demora mínima, el periodo efectivo total de luz verde debe ser distribuida entre las diversas fases que sean relacionadas con el valor carril crítico y poder ser determinado por cada fase dentro de la intersección.

Ecuación 26: Ecuación de Webster (qADE)

$$g_i = \frac{Y_i}{\sum_{i=1}^{\phi} Y_i} (gT) Y_i = \frac{qADE_{max} \text{ del carril } i}{S_i} \quad (1.11.28)$$

Fuente: (González-Fernández, Ruiz-Caballero, & Castilla-González, 2017)

Según las fuentes de información que se han investigado, los resultados de la metodología de Webster referente al ciclo óptimo en una intersección son más amplios y exagerados al no mostrar un valor con mayor precisión para ciertos casos determinados. Esto se demuestra en la siguiente tabla.

Tabla 10: *Comparación de los métodos de planificación de señales.*

	Webster Method	Transyt 14	Elimination Pairing System
Critical flow for phase one	1565 pcu		
Critical flow for phase two	1260 pcu		
Sum of saturation degree	0.959722		
Calculated optimin cycle length	422 seconds	103 seconds	119 seconds
Green time for phase one	188 seconds	44 seconds	50 seconds
Green time for phase two	226 seconds	51 seconds	61 seconds

Fuente: (Ekinhan Eriskin, 2017)

Según los resultados obtenidos del artículo de investigación “Optimization of Traffic Signal Timing at Oversaturated Intersections Using Elimination Pairing System” la metodología de Webster a diferencia de Transyt 14 y Elimination Pairing System presenta cálculos del ciclo

óptimo con una variación aproximadamente del 75%, según los resultados de fragmento científico.

Por otro lado, dentro de las consideraciones que tiene la metodología de Webster, existe una desventaja para el cálculo del grado de saturación. Según la siguiente fórmula, si esta variable (X) alcanza el valor numérico de 1.0, la demora será una progresiva hasta el equivalente de infinito.

Ecuación 27: Demora promedio por ciclo (s/veh)

$$d = \frac{C(1 - g/C)^2}{2(1 - (\frac{g}{C})X)} + \frac{X^2}{2q(1 - X)} - 0.65(\frac{C}{q^2})^{1/3}X^{2+5(\frac{g}{C})} \quad (1.11.29)$$

Fuente: (Dr. Nathan Gartner, 2001)

Donde:

d: demora promedio por ciclo (s/veh).

C: tiempo de ciclo (s).

g: duración de verde efectivo (s).

X: grado de saturación.

q: tasa de venidas (veh/s).

Metodología de Semaforización	Ventaja	Desventaja
Método de Webster	Es una metodología práctica y empírica que permite conocer un ciclo de semáforo eficiente. Los resultados del método Webster, como el ciclo del semáforo, abarcan una duración excesiva que brinda un buffer de tiempo cuando las vías se encuentren con mayor demanda vehicular.	Si la variable denominada grado de saturación alcanza el valor numérico de 1.0, la demora será una progresiva hasta el equivalente de infinito. Según el procedimiento de la metodología solo determina un ciclo óptimo para la red de semáforos.
Método Ramp Metering	Da como resultado diversos ciclos óptimos según el flujo vehicular existente. Analiza la demanda entrante y saliente de las vías principales y secundarias.	Tiene un costo elevado a comparación del método Webster debido a que es necesario implementar sensores, sala de control y cableado para el funcionamiento presencial del método.

Tabla 11. Cuadro comparativo de Metodologías. Fuente: (González-Fernández, Ruiz-Caballero, & Castilla-González, 2017)

1.12. Metodología de Calibración (Análisis Estadístico)

- Hipótesis Nula

El siguiente análisis estadístico se realiza a fin de verificar el intento más adecuado para determinar la calibración de la simulación. Para este análisis se presenta la hipótesis nula $u_1=u_2$ y debe cumplir con la condición requerida para su aprobación.

En el análisis estadístico para la calibración del modelo de simulación del programa PTV Vissim 9, se implementa una hipótesis nula para verificar los parámetros óptimos de calibración a un nivel de confianza de 95%.

Ecuación 28: Hipótesis Nula

$$u_1 = u_2 \quad (1.12.30)$$

Fuente: (Levin, 1998)

Asimismo, la condición necesaria para que se cumpla la hipótesis es que se encuentre dentro del siguiente intervalo de confianza. En esta hipótesis se considera $u_1 = u_2$, por lo que $u_1 - u_2 = 0$. En consecuencia, el intervalo mostrado a continuación debe contener el número 0.

Ecuación 29: Intervalo de Confianza (1.12.31)

$$(X_1 - X_2) - t_{\left(\frac{\alpha}{2}\right)} * \sqrt{\left(\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}\right) * S_p^2} < (u_1 - u_2) < (X_1 - X_2) + t_{\left(\frac{\alpha}{2}\right)} * \sqrt{\left(\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}\right) * S_p^2}$$

Fuente: (Levin, 1998)

Donde:

$$S_p^2: S_p^2 = \frac{(N_1-1)s_1^2 + (N_2-1)s_2^2}{N_1 + N_2 - 2}$$

X1: Media muestral de campo

X2: Media muestral de la simulación en Vissim

N1: Cantidad de datos considerados para campo

N2: Cantidad de datos considerados para la simulación en Vissim

T ($\alpha/2$): Cuantía adquirida a través de la distribución t-student, grados de libertad y nivel de confianza

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Material

2.1.1. Población

La población de este proyecto de investigación son los vehículos que circulan por el distrito de Surquillo. Entre las unidades de movilidad que se analizan se encuentran los buses, motocicletas, vehículos de transporte público y privado. Asimismo, se va a considerar a los peatones y vehículos de metal con dos ejes de caucho que permite la rápida y cómoda movilización del ciudadano residente en el distrito de Surquillo o aledaños.

Al 18 de enero del 2017, según datos del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), el distrito de Surquillo cuenta aproximadamente con una densidad poblacional de 26 418,79 hab/km² y una superficie territorial de 3,46 km². Por lo tanto, Surquillo posee una población de 91 409 habitantes en toda el área geográfica que le corresponde. (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2017)

2.1.2. Muestra

La muestra de este tema de investigación se centra en el número de peatones que transitan las intersecciones Av. Angamos Este con Av. Tomás Marsano, Av. República de Panamá y Av. Aviación; a fin de verificar la disminución del grado de saturación. De igual manera, el número de vehículos y unidades de movilidad que circulan en las vías primarias y secundarias del caso de estudio.

2.2. Método

2.2.1. Nivel de Investigación

La presente tesis de investigación cuantitativa es denominada de dicha manera, puesto que es el resultado de la indagación de literatura educativa y formativa, indagación de artículos científicos, conferencias y congresos referentes a la metodología de *Ramp Metering*. Adicional

a ello, el grado de investigación es calificado como correlacional o explicativa.

Por un lado, se asocian diversas variables dependientes e independientes para determinar un resultado cuantificable que afecta a una población o grupo determinado. Asimismo, la finalidad de este análisis es predecir y reconocer cómo los valores son afectados por otras variables, existen casos donde esta situación relaciona más de 3 variables. El nivel de investigación correlativo puede ser positivo, sucede cuando la variable aumenta o tiene valores altos las variables que están relacionadas también poseen resultados elevados. De lo contrario la correlación negativa implica que una variable sea elevada y la variable con la que se relaciona baja. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014) Ejemplo de una correlación positiva presentada en este trabajo de investigación es el número de vehículos de un carril y el grado de saturación, debido a que si aumenta el número de automóviles incrementa el grado de saturación de la vía de circulación.

2.2.2. Diseño de Investigación

El diseño de este estudio se desarrolla mediante la estrategia experimental, en la cual se someten las variables independientes para prestar atención a las consecuencias que produce, las cuales son las variables dependientes. Para hallar las variables independientes en esta investigación se adopta la técnica de recolección de datos, denominada aforo. El aforo se basa en recopilar información del caso de estudio. Se emplea para recolectar el número de vehículos (autos, buses, motocicletas, etc.) que atraviesan la intersección desde los diferentes accesos para así calcular el flujo vehicular e utilizarlo para hallar los objetivos de la investigación. Además del aforo vehicular, se necesita en este caso el aforo de bicicletas y el conteo de peatones con la finalidad de aumentar el grado de validez y confianza del método de investigación. Asimismo, se requiere conocer el área de estudio e investigar el número de accesos de la intersección, la cantidad de movimientos de los vehículos y los tiempos de

semáforo actuales.

Tabla 12: *Secuencia de variables estudiadas*

I, C, F	A	V, B, P	S	T	G
Se registran los tiempos de semáforo, el ciclo óptimo y las fases.	Se observa y recopila la información sobre la geometría de las intersecciones.	Se realiza el aforo vehicular, de bicicletas y peatonal en cada intersección del caso de estudio.	Se calcula el grado de saturación con el micro simulador VISSIM.	Se implementa el sistema de <i>Ramp Metering</i> y el algoritmo ALINEA en las intersecciones. Se hallan nuevos tiempos de semáforo actualizados de acuerdo a la demanda.	Se calcula el grado de saturación con la implementación método de <i>Ramp Metering</i> con la ayuda del algoritmo ALINEA.

Fuente: Propia

Donde:

I: Intervalos de tiempo del semáforo (Variable independiente)

C: Ciclo óptimo (Variable dependiente)

A: Ancho de carril (Variable independiente)

V: Flujo vehicular (Variable independiente)

B: Flujo de bicicletas (Variable independiente)

P: Flujo de peatones (Variable independiente)

S: Grado de saturación obtenido con los datos de campo. (Variable dependiente)

T: Tiempos de semáforo de acuerdo a la demanda actual. (Variable dependiente)

G: Grado de saturación obtenido después de haber implementado la metodología *Ramp Metering* y el algoritmo ALINEA. (Variable dependiente)

2.2.3. Variables de estudio y operacionalización

Tabla 13: *Variables de estudio y operacionalización*

Variable	Dimensión	Indicador	Unidad de medida	Instrumento de Investigación
Independiente (VI)				Observación
I: Intervalos de tiempo del semáforo	Tiempo	Tiempo	Segundos (s)	directa Cronómetro
Independiente (VI)	Cantidad de vehículos en un tiempo determinado	Cantidad de vehículos en un tiempo determinado.	Vehículos por hora (veh/h)	Aforo manual vehicular
Independiente (VI)	Cantidad de bicicletas en un tiempo determinado	Cantidad de bicicletas en un tiempo determinado.	Bicicletas por hora (bic/h)	Aforo de bicicletas
Independiente (VI)	Cantidad de peatones en un tiempo determinado	Cantidad de peatones en un tiempo determinado.	Peatones por hora (peatones/h)	Aforo de peatones
Dependiente (VD)	Tiempo	Tiempo	Segundos (s)	Cálculo mediante VISSIM
C: Ciclo óptimo				
Dependiente (VD)	Razón de demanda entre oferta vehicular	Razón de demanda entre oferta vehicular	Sin unidades	Cálculo mediante VISSIM
S: Grado de saturación obtenido con los datos de campo.				
Dependiente (VD)	Tiempo	Tiempo	Segundos (s)	Sistema de <i>Ramp Metering</i> y estrategia ALINEA
T: Tiempos actualizados de acuerdo a la demanda.				

Dependiente (VD)

G: Grado de saturación obtenido después de haber implementado la metodología *Ramp Metering* y el algoritmo ALINEA.

Razón de
demanda
entre oferta
vehicular

Razón de
demanda entre
oferta vehicular

Sin
unidades

Cálculo
mediante
VISSIM

Fuente: Propia

2.2.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

Tabla 14: *Técnicas e Instrumentos de recolección de datos*

Técnicas	Instrumentos de recolección de datos
Aforos vehicular y peatonal	Planillas de conteo, cronómetro, elementos de apunte
Observación directa	Notas de campo, lista de cotejo, registro de datos
Medición de campo	Cinta métrica, croquis

Fuente: Propia

2.2.5. Técnicas de Procesamiento y Análisis de datos

Tabla 15: *Técnicas de Procesamiento y Análisis de datos*

Técnica	Procesamiento	Análisis de datos
Aforos vehiculares y peatonales	Tabulación por intervalos de tiempo	Diagrama de flujo
Observación directa	Conteo de intervalo de tiempo de rojo, verde y ámbar de los semáforos y colocación de datos en tablas.	Ciclo óptimo de semaforización
Medición de campo	Diseño de boceto y luego plasmarlo en programa de dibujo (AutoCAD)	Diseño geométrico de los cruces

Fuente: Propia

3. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

En el siguiente capítulo se detalla la descripción del área de estudio, los principales componentes son los puntos de conflicto, el análisis geométrico de las intersecciones y los planos de las intersecciones de Av. Angamos Este con Av. Tomás Marsano, Av. República de Panamá y Av. Aviación. La finalidad de este capítulo es poder identificar de manera visual las variables dependientes e independientes que se han identificado en párrafos anteriores. Los datos teóricos son recopilados del “Informe Final de Identificación de Puntos Negros de Accidentes de Tránsito en la Jurisdicción del Distrito de Surquillo”, realizado por el departamento de Gerencia de Seguridad Ciudadana de la Municipalidad de Surquillo en el año 2013

Las siguientes figuras son parte del informe de la Municipalidad de Surquillo, en ellas se observan los puntos a desarrollar en el Capítulo 3. La finalidad de emplear esta información es recopilar información acerca del estado de las intersecciones estudiadas. No obstante, esta información se debe validar mediante visitas al área de estudio para verificar si la investigación brindada por el estudio de la Municipalidad de Surquillo sigue vigente o existe alguna variación con el transcurrir de los años.

Figura 5. Diagrama de Conflictos Av. Angamos con Av. Tomás Marsano. Fuente (Gerencia de Seguridad Ciudadana de la Municipalidad de Surquillo)

Figura 6. Diagrama de Conflictos Av. Angamos con Av. República de Panamá. Fuente (Gerencia de Seguridad Ciudadana de la Municipalidad de Surquillo)

Figura 7: Diagrama de Conflictos Av. Angamos con Av. Aviación. Fuente (Gerencia de Seguridad Ciudadana de la Municipalidad de Surquillo)

3.1. Área de estudio

El área de estudio cuenta con tres intersecciones en el distrito de Surquillo, la primera intersección es la Av. Angamos con Av. Tomás Marsano. Esta cuenta con 4 accesos, la Av. Angamos posee 3 carriles en dirección al Este, en sentido contrario, al Oeste, cuenta con 3 carriles principales y dos auxiliares. En contraste, la Av. Tomás Marsano tiene 5 carriles que se dirigen al Sur, en el caso de dirección al Norte posee 4. Además, la intersección explicada posee una red semaforizada que contabiliza 12 semáforos para vehículos y 9 para peatones.

La intersección Av. Angamos con Av. República de Panamá cuenta con 4 accesos, en dirección de Oeste a Este, Av. Angamos se circula por medio de 3 carriles. Por lo contrario, los vehículos que se movilizan de Norte a Sur en la vía Av. República de Panamá solo cuentan con 2 carriles para lograr su objetivo. Asimismo, se consideran parte de la intersección 6 señales de control de tráfico y 2 para uso peatonal.

Por último, la intersección de Av. Angamos con Av. Aviación también posee 4 accesos. En dirección al Este, la vía Av. Angamos posee dos carriles auxiliares y tres principales, de sentido contrario cuenta con cuatro carriles para la circulación de automóviles. La Av. Aviación de ida al Sur se puede movilizar por medio de 4 carriles. En sentido contrario, al Norte, cuenta con 3 carriles que permiten el tránsito de vehículos. Con respecto a los dispositivos reguladores del tránsito vehicular dentro de la intersección se encuentran 10, no obstante, para el caso peatonal no se ha instalado alguno.

Asimismo, los datos teóricos al ser del año 2013 se deben validar presencialmente para poder asegurar que la descripción del área de estudio se alinee a la situación actual de Lima Metropolitana.

3.2. Zonificación Urbana

La zonificación urbana considera los aspectos ambientales, sociales, y económicos, los cuales son parámetros que dictan características para la determinación del tipo de zona urbana. Para el caso de estudio de las intersecciones que se analizan en esta tesis de investigación se considera una zonificación comercial. Ello es determinado por el aspecto social y económico, ya que en el caso de la intersección de Av. Angamos con Av. Tomás Marsano se encuentran el Centro Comercial Open Plaza. Dentro de este “mall” se localizan tiendas por departamento como Saga Falabella y Marathon Sports. De igual manera, en este cruce se encuentran centros ferreteros, un centro automotriz Good Year, grifos y agencias bancarias. Ello genera un gran ambiente de compra y venta que se ve reflejado por el número de usuarios que circulan a pie o por medio del transporte vehicular, ya que en la intersección existe una gran variedad de tiendas comerciales. De la misma forma, se puede identificar a las intersecciones de Av. Angamos con Av. República de Panamá como zonas comerciales. En estas dos congruencias de vías principales se puede encontrar la tienda de artículos para el hogar denominada “Maestro”, diversos comercios minoristas, farmacias y quiscos.

Por último, cerca al cruce entre las avenidas Angamos y Aviación se encuentran el centro comercial Real Plaza Primavera, el Coliseo Eduardo Dibós, el Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas y numerosos establecimientos alimenticios los cuales generan un incremento de personas que transitan y vehículos que circulan por ese sector. En conclusión, las tres intersecciones de esta investigación se encuentran en zonas comerciales.

3.3. Sentido de Circulación

Según los diagramas de conflictos de puntos negros en la Av. Angamos con Av. Tomás Marsano.

Tabla 16: *Sentido de Circulación por Intersección*

Intersecciones	Sentido de Circulación			
	Norte – Sur	Sur – Norte	Oeste – Este	Este – Oeste
Av. Angamos con Av. Tomás Marsano	4 carriles de frente	2 carriles de frente	2 carriles de frente	3 carriles de frente
	1 carril de frente con giro a la derecha	3 carriles hacia la izquierda	1 carril de frente con giro a la derecha	1 carril hacia la derecha
	1 carril de frente con giro a la derecha	1 carril de frente con giro a la derecha	1 carril de frente con giro a la derecha	1 carril de frente con giro a la derecha
	1 carril de frente con giro a la izquierda	1 carril de frente con giro a la izquierda	1 carril de frente con giro a la izquierda	1 carril de frente con giro a la izquierda
Av. Angamos con Av. República de Panamá	2 carriles de frente	2 carriles de frente	4 carriles de frente	2 carriles de frente
	1 carril hacia la izquierda	1 carril de frente con giro a la izquierda	1 carril hacia la derecha	1 carril hacia la derecha
	1 carril de frente con giro a la derecha	1 carril de frente con giro a la izquierda	1 carril hacia la derecha	1 carril hacia la izquierda
	1 carril de frente con giro a la derecha	1 carril de frente con giro a la izquierda	1 carril hacia la derecha	1 carril hacia la izquierda

Fuente: Propia

3.4. Análisis geométrico de las intersecciones

El análisis de las intersecciones es una recopilación gráfica de los datos obtenidos durante la visita a campo que permite actualizar la información brindada por el departamento de Gerencia de Seguridad Ciudadana de la Municipalidad de Surquillo. Los planos mostrados son una representación espacial del diseño de las intersecciones, entre los principales datos que se observan son el número de semáforos vehiculares y peatonales presentes en las congruencias de avenidas. De igual manera, se aprecia la ubicación de dichos dispositivos, además, presentan las dimensiones de los carriles donde circulan los vehículos. Este dato es esencial para el cálculo preliminar del grado de saturación de cada intersección con los datos de VISSIM.

Figura 8. Análisis geométrico de la intersección Av. Angamos Este con Av. Aviación. Fuente: Propia

Esta información también permite identificar los puntos de conflicto y movimientos de los

automóviles, camiones y buses que sucede en cada fase dentro de las intersecciones urbanas. El sentido de circulación que se observa en los planos geométricos permite organizar mediante una tabla los tipos de movimiento que se realiza en las intersecciones, ello es empleado para el aforo manual que se desarrolla en el siguiente capítulo de la tesis de investigación.

Figura 9. Análisis geométrico de la intersección Av. Angamos Este con Av. Tomás Marsano. Fuente: Propia

Figura 10. Análisis geométrico de la intersección Av. Angamos Este con Av. República de Panamá Fuente: Propia

3.5. Puntos de Conflictos

Estas ilustraciones que muestran los puntos de conflicto fueron obtenidas de la década pasada. Debido a esto, se debe observar actualmente el estado de estos puntos de conflicto para ver si ha variado durante este período de tiempo. Existe la posibilidad de que el sentido de los carriles haya cambiado o el número de las fases de semáforo también por lo que crearía o disminuiría puntos de conflicto. Luego de observar directamente en el sitio de estudio se recopiló la información y se plasmó en un gráfico en el programa AutoCAD.

En la intersección de la Av. Angamos Este con Av. Aviación se observan dos fases de semáforos de acuerdo con la figura 11. En la primera, los puntos de conflictos de cruce se dan entre los vehículos que circulan de frente por la Av. Aviación y aquellos que giran a la derecha o izquierda por la Av. Angamos Este. Además, se observa en la siguiente figura que existen 2 conflictos direccionales, por divergencia al inicio de la intersección y al salir de ella convergencia.

Figura 11. Puntos de Conflicto vehículo vs vehículo en la Fase 1 de la intersección Av. Angamos Este con Av. Aviación. Fuente: Propia

Al igual que en la fase anterior, se observan en la figura 12 los mismos conflictos, pero en la Av. Angamos Este. En la imagen se aprecia un cruce por los vehículos que se giran al Norte y al Sur. Además, entre los vehículos que siguen de frente al Este y los automóviles que giran a la izquierda. Por último, se observan dos divergencias similares a la Fase 1.

Figura 12. Puntos de Conflicto vehículo vs vehículo en la Fase 2 de la intersección Av. Angamos Este con Av. Aviación. Fuente: Propia

Según la figura 13, los conflictos peatón y vehículos ocurren en la Fase 1 cuando el automóvil gira a la izquierda o derecha y la transeúnte cruza perpendicularmente la Av. Angamos.

Figura 13. Puntos de Conflicto vehículo vs peatón en la Fase 1 de la intersección Av. Angamos Este con Av. Aviación. (Fuente: Propia)

Asimismo, de acuerdo con la figura 14, en la Fase 2 sucede la misma situación, pero cuando el peatón cruza la Av. Aviación.

Figura 14. Puntos de Conflicto vehículo vs peatón en la Fase 2 de la intersección Av. Angamos Este con Av. Aviación. (Fuente: Propia)

Por otro lado, también se elaboraron los diagramas de conflicto de las demás intersecciones de acuerdo con la cantidad de fases que poseían. En el caso de la intersección de la Av. Angamos Este con Tomás Marsano, la semaforización se divide en cuatro fases, las cuales son mostradas a continuación.

Figura 15. Puntos de Conflicto vehículo vs vehículo en la Fase 1 de la intersección Av. Angamos Este con Av. Tomás Marsano. Fuente: Propia

Según la figura 15, en la primera fase, cuando los semáforos se encuentran en verde para los vehículos de la Av. Angamos Este, se observan 4 puntos de conflicto de divergencia, 2 puntos de cruce y 2 puntos de convergencia.

Figura 16. Puntos de Conflicto vehículo vs vehículo en la Fase 2 de la intersección Av. Angamos Este con Av. Tomás Marsano. Fuente: Propia

En la segunda fase, en la cual los semáforos se encuentran en verde solo para los vehículos de la Av. Angamos Este que giran a la izquierda en cualquiera de los dos accesos. En esta intersección, se observa 1 solo punto de conflicto de entrelace al querer girar lo, 2 puntos de conflicto de divergencia, 2 puntos de cruce y 2 puntos de convergencia, según la figura 16.

Figura 17: Puntos de Conflicto vehículo vs vehículo en la Fase 3 de la intersección Av. Angamos Este con Av. Tomás Marsano. Fuente: Propia

De acuerdo con la figura 17, existen en la tercera fase dos puntos de conflictos. Estos son 2 puntos de divergencia, en las cuales los vehículos se separan del carril, unos para la derecha y otros para la izquierda.

Figura 18: Puntos de Conflicto vehículo vs vehículo en la Fase 4 de la intersección Av. Angamos Este con Av. Tomás Marsano. Fuente: Propia

Según la figura 18, existen en la cuarta fase cuatro puntos de conflictos. Estos son 2 puntos de divergencia, un punto de cruce y un punto de entrelace con los vehículos que giran a la izquierda.

Figura 19. Puntos de Conflicto vehículo vs peatón en la Fase 1 de la intersección Av. Angamos Este con Av. Tomás Marsano. Fuente: Propia

De la misma manera, de acuerdo con la figura 19, se forman puntos de conflicto de cruce en la Fase 1 entre los vehículos y los peatones que cruzan por la avenida en los dos accesos de salida de la Av. Tomás Marsano, es decir los que cruzan en paralelo a la Av. Angamos Este.

Figura 20. Puntos de Conflicto vehículo vs peatón en la Fase 2 de la intersección Av. Angamos Este con Av. Tomás Marsano. Fuente: Propia

Asimismo, en la 2da fase no se forman puntos de conflicto entre los vehículos y peatones que transitan por la intersección de la Av. Angamos Este y la Av. Tomás Marsano, ya que los peatones que cruzan la Av. Tomás Marsano se encuentran en rojo cuando los vehículos de la Av. Angamos Este giran a la izquierda.

Figura 21: Puntos de Conflicto vehículo vs peatón en la Fase 3 de la intersección Av. Angamos Este con Av. Tomás Marsano. Fuente: Propia

El punto de conflicto, según la figura 21, observado en la fase 3 de esta intersección es de cruce, el cual es causado por los vehículos que giran a la derecha del acceso sur de la Av. Tomás Marsano con los peatones que cruzan transversalmente por el acceso este de la Av. Angamos Este.

Figura 22: Puntos de Conflicto vehículo vs peatón en la Fase 4 de la intersección Av. Angamos Este con Av. Tomás Marsano. Fuente: Propia

En la figura 22, se muestra los puntos de conflicto de la fase 4 de esta intersección. En ella se aprecia 1 punto de conflicto de los vehículos que giran a la derecha del acceso norte de la Av. Tomás Marsano con los peatones que cruzan transversalmente el acceso oeste de la Av. Angamos Este.

Por último, en la intersección de la Av. Angamos Este con Av. República de Panamá se observan dos fases de semáforos.

Figura 23. Puntos de Conflicto vehículo vs vehículo en la Fase 1 de la intersección Av. Angamos Este con Av. República de Panamá. Fuente: Propia

Según la figura 23, en la primera fase, cuando los semáforos se encuentran en verde para los vehículos de la Av. Angamos Este, también se observan 4 puntos de conflicto de divergencia, 2 puntos de cruce y 2 puntos de convergencia.

Figura 24. Puntos de Conflicto vehículo vs vehículo en la Fase 2 de la intersección Av. Angamos Este con Av. República de Panamá. Fuente: Propia

Según la figura 24, para la segunda fase, en la cual los semáforos se encuentran en verde para los vehículos de la Av. República de Panamá, se observan 4 puntos de conflicto de divergencia, 2 puntos de cruce y 2 puntos de convergencia.

Figura 25. Puntos de Conflicto vehículo vs peatón en la Fase 1 de la intersección Av. Angamos Este con Av. República de Panamá. Fuente: Propia

De igual manera, en la primera fase, según la figura 25, se generan puntos de conflicto de cruce entre los vehículos y los peatones en los dos accesos de salida de la Av. República de Panamá.

Figura 26. Puntos de Conflicto vehículo vs peatón en la Fase 2 de la intersección Av. Angamos Este con Av. República de Panamá. Fuente: Propia

De acuerdo con la figura 26, existe el conflicto de vehículos y peatones en la Fase 2 de la intersección, por la cual se visualizan conflictos de cruce en los accesos de salida de la Av. Angamos Este.

3.6. Diagrama de Fases de Semáforos

El diagrama de fases permite tener conocimiento del ciclo del sistema semaforizado en una intersección, puesto que reconoce el tiempo de verde efectivo, la duración del rojo y ámbar de los dispositivos de señales de control de tráfico. Los valores mencionados fueron medidos con el empleo de cronómetros hasta fracciones de un segundo para lograr una mejor precisión, ya

que el tema de investigación requiere una calidad alta durante la recopilación de datos en el área de estudio. En la figura 27 se presenta el diagrama de los semáforos vehiculares que se encuentran en el intercambio vial de Av. Angamos con Av. Aviación, se analizan tres fases de 160 segundos. La fase 1 corresponde a la Av. Angamos, mientras que la segunda fase pertenece a los 6 segundos empleados solo para el giro a la izquierda. Por otro lado, en la tercera fase el flujo es verde para los vehículos que cruzan por la Av. Aviación, vía perpendicular a la Av. Angamos. Asimismo, se puede reconocer que la primera fase posee un intervalo de tiempo de verde efectivo mayor a su contraparte, debido a que por la vía Angamos el flujo vehicular es mayor. Además, se necesitan unos segundos de verde para que los autos en la vía de Angamos doblen para la Av. Aviación y así no generen congestión durante la siguiente fase.

Figura 27. Diagrama de fases de semáforos vehiculares en la intersección Av. Angamos Este con Av.

Aviación. (Fuente: Propia)

Por otro lado, la figura 28 analiza el diagrama de fases de semáforos peatonales de la intersección previamente señalada en el párrafo anterior. Según lo observado el tiempo de rojo considera la duración de 4 segundos que en el caso del semáforo vehicular es el tiempo donde los vehículos de empezar a disminuir la velocidad.

Al igual que la figura 28 la duración total del ciclo es de 160 segundos, puesto que deben ambos dispositivos deben de estar sincronizados.

Figura 28. Diagrama de fases de semáforos peatonales en la intersección Av. Angamos Este con Av. Aviación.
(Fuente: Propia)

Posteriormente, se determinó los diagramas de fases de las demás intersecciones estudiadas, es decir, de las intersecciones de la Av. Angamos Este con Av. República de Panamá y con Av. Tomás Marsano.

Figura 29: Diagrama de fases de semáforos vehiculares en la intersección Av. Angamos Este con Av. República de Panamá. (Fuente: Propia)

En la figura 29, se presenta el diagrama de fases de los semáforos de la intersección entre la Av. Angamos Este y Av. República Panamá. En la fase 1 se observa el tiempo de verde de 87 segundos, 4 segundos de ámbar y el tiempo de rojo de 69 segundos. Por el contrario, en la fase 2 se observa durante los primeros 91 segundos el período de rojo, luego 65 segundos de verde y al final 4 segundos de ámbar también.

Figura 30: Diagrama de fases de semáforos peatonales en la intersección Av. Angamos Este con Av.

República de Panamá. (Fuente: Propia)

Además, se halló el diagrama de fases de los semáforos peatonales de la intersección. De acuerdo con la figura 30, la primera fase, los semáforos peatonales se divide en 67 segundos el tiempo de verde al inicio y en 73 segundos el tiempo de rojo al final. La segunda fase consiste en 65 segundos de rojo y luego 95 segundos de verde.

Figura 31: Diagrama de fases de semáforos vehiculares en la intersección Av. Angamos Este con Av. Tomás

Marsano (Fuente: Propia)

En la figura 31, se muestra el diagrama de fases de semáforo de los vehículos de la intersección de la Av. Angamos Este con Av. Tomás Marsano. En esta se observan 4 fases. En la primera, los semáforos para la Av. Angamos Este se encuentran en verde por 60 segundos,

de ahí 3 segundos para ámbar y los restantes 97 para rojo. Para la fase 2, solo se observa 14 segundos de solo giro a la izquierda de parte de la Av. Angamos Este para los vehículos que van de este a oeste. Asimismo, para la fase 3, durante estos primeros 74 segundos de verde total y verde solo a la izquierda, el semáforo de la Av. Tomás Marsano, para los vehículos que transitan de norte a sur, se mantuvo en rojo y para los siguientes 35 segundos se cambió a verde. Luego, en la cuarta fase, después de los 35 segundos de verde y 4 segundos de ámbar del semáforo de la Av. Tomás Marsano, se visualiza 39 segundos de verde para el semáforo opuesto al previo de la Av. Tomás Marsano y finaliza con 4 segundos de ámbar para este.

Figura 32: Diagrama de fases de semáforos peatonales en la intersección Av. Angamos Este con Av. Tomás Marsano (Fuente: Propia)

De igual manera, existen semáforos peatonales para la intersección descrita. En la figura 32, en la primera fase, los semáforos peatonales de los accesos de la Av. Tomás Marsano están en verde por 60 segundos y luego en los 100 segundos restante en rojo. En la segunda fase, los semáforos peatonales del acceso oeste de la Av. Angamos Este se encuentran en rojo por los primeros 68 segundos y luego, cambia por 42 segundos a verde. A continuación, en la fase 3, durante los primeros 107 segundos se encuentra en rojo y en los últimos 53 en verde los semáforos del acceso este de la Av. Angamos Este.

4. RECOLECCIÓN DE DATOS

En el siguiente capítulo se presenta el aforo manual vehicular y peatonal, ya que la finalidad de esta investigación es poder presentar una propuesta de mejora frente a la problemática existente de la congestión vehicular. El conteo del volumen automovilístico se considera el dato con mayor relevancia durante la elaboración de una remodelación, ampliación de una vía de comunicación o la implementación de un sistema de semaforización, al igual que esta tesis de investigación. Es por este motivo que se diseña un plan de aforo para la recolección de la densidad vehicular y peatonal que existe en las intersecciones de Av. Angamos Este con Av. República de Panamá, Av. Tomás Marsano y Av. Aviación.

El primer concepto que se identificó es la duración del aforo, el conteo se determinó que dura 14 horas durante 3 días simultáneamente en las tres intersecciones. El motivo de esta elección se debe a que se emplea el micro simulador VISSIM y para poder tener un resultado preciso es necesario verificar los datos recopilados. Es decir, si durante la visita a campo se observa empíricamente un grado de saturación específico los resultados obtenidos por el programa utilizado deben de reflejar la misma situación. Para poder conseguir ello se ha programado que los días de aforo se realizan de 07:00 am a 8:00 pm los días 16, 17 y 18 de julio del 2018. Asimismo, la continuidad del aforo se logra al emplear dos cuadrillas formadas por contadores y un jefe de grupo. El primer horario de conteo es de 07:00 am a 13:00 pm y el segundo complementa con las 8 horas restantes. Es imperativo resaltar que las personas encargadas de contar son amigos y familiares de los autores de esta tesis de investigación que, durante el periodo de aforo, son los jefes de grupo.

Intersección	Nº de colaboradores	Jefe de Grupo	Horas de conteo
Av. Angamos Este con Av. República de Panamá	4	1	7
Av. Angamos Este con Av. Tomás Marsano	6	1	7
Av. Angamos Este con Av. Aviación.	5	1	7

Tabla 17. Cuadrilla de conteo. (Fuente: Propia).

De igual manera, durante la elaboración del plan de aforo se diseñó una plantilla de conteo donde se identifique claramente los movimientos vehiculares, así como el tipo de automóvil a contabilizar. En la siguiente ilustración, figura 33, se muestra cómo se obtendrán el volumen vehicular. No obstante, para el conteo de personas que transitan por las intersecciones solo se contempla el total de ellas durante la hora analizada y se coloca en la cara posterior de la plantilla.

Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas	Planilla de Aforo																Pag.	01
		Nombre del Proyecto																Acceso	
		Propuesta de un sistema de semaforización inteligente para reducir el grado de saturación en las intersecciones de Av. Angamos este con Av. República de Panamá, Av. Tomás Marsano y Av. Aviación; a través de la metodología del Ramp metering.																Revisión_0	
Fecha:	Elaborado por:		Aprobado por:				Hora Inicio:				Hora Final:								
Horario	Vehículo N°1								Vehículo N°2										
	Carril N°1		Carril N°2		Carril N°3		Carril N°4		Carril N°1		Carril N°2		Carril N°3		Carril N°4				
	↶	↑	↷	↶	↑	↷	↶	↑	↷	↶	↑	↷	↶	↑	↷	↶	↑	↷	
07:00 - 07:15																			
07:15 - 07:30																			
07:30 - 07:45																			
07:45 - 08:00																			
08:00 - 08:15																			
08:15 - 08:30																			
08:30 - 08:45																			
08:45 - 09:00																			
09:00 - 09:15																			
09:15 - 09:30																			
09:30 - 09:45																			
09:45 - 10:00																			
10:00 - 10:15																			
10:15 - 10:30																			
10:30 - 10:45																			
10:45 - 11:00																			
11:00 - 11:15																			
11:15 - 11:30																			
11:30 - 11:45																			
11:45 - 12:00																			
12:00 - 12:15																			
12:15 - 12:30																			
12:30 - 12:45																			
12:45 - 13:00																			

Figura 33. Plantilla de aforo vehicular. (Fuente: Propia)

Dentro del formato de plantillas en el conteo presencial de vehículos; se ha identificado 3 tipos de vehículos, además, motocicletas y bicicletas. Las siguientes ilustraciones representan los ejemplares observados y contabilizados en los accesos estudiados.

Figura 34. Vehículo N°1

Figura 35. Vehículo N°2

Figura 36. Vehículo N°3

Figura 37. Motocicleta

Figura 38. Bicicleta

4.1. Evaluación de las condiciones de circulación

Dentro del alcance de este proyecto se encuentra realizar un diagnóstico de las intersecciones analizadas. Es decir, verificar el asfaltado de las avenidas para ampliar los conocimientos de la situación actual y como puede influir ello durante la ejecución de la metodología *Ramp Metering*. Asimismo, se revisó la señalización horizontal y vertical si se localizaban correctamente y eran legibles tanto para automóviles como transeúntes. Según lo observado, en la figura 34, la información presentada en la señalización vertical se encuentra visible para los peatones y conductores que circulan por las 3 intersecciones. Además, el alineamiento vertical se encuentra en un estado óptimo.

Figura 39. Señalización Vertical. (Fuente: Propia)

Por lo contrario, la señalización horizontal si presenta deficiencia, sobre todo en la intersección de Av. Angamos Este con Av. República de Panamá. Ejemplo de ello se encuentra en la figura 35, donde se aprecia hendiduras en la carpeta asfáltica de la vía de circulación terrestre. Además, la figura 36 muestra protuberancias en la intersección y en el número 37 baches y líneas borrosas en la separación de los carriles y la zona de cruce peatonal. Es de conocimiento ingenieril que las fallas mencionadas reducen la velocidad promedio en la intersección, daños en los ejes de los vehículos, distracciones en los conductores y provocar

puntos de conflictos que ocasionen accidentes. Por lo tanto, las situaciones mencionadas contribuyen al congestionamiento vehicular.

Figura 40. Hendidura en carpeta asfáltica. (Fuente: Propia)

Figura 41. Protuberancia en la intersección de Av. Angamos Este con Av. Tomás Marsano. (Fuente: Propia)

Figura 42. Despintado del acceso Tomás Marsano. (Fuente: Propia)

De igual manera, se analizó específicamente los accesos de las intersecciones para tener un panorama con mayor amplitud del área de estudio a investigar. Por consiguiente, se observó la señalización horizontal y vertical. De igual manera, se detalló los paraderos de buses y estacionamientos existentes en cada acceso.

Intersección Av. Angamos Este con Av. Aviación

- Acceso Central de Bicicletas “Estación Primavera”

Giros posibles: Giro izquierda, Giro derecha y de frente.

Paradero de buses. Señal vertical: Solo buses.

Figura 43. Acceso Central de Bicicletas (Av. Angamos Este y Av. Aviación). (Fuente: Propia)

- Acceso Farmacia “Mi Farma”

Giros posibles: Giro izquierda, Giro derecha y de frente.

Paradero de buses. Señal vertical en estado deficiente, en una posición contraria a la establecida

Figura 44. Acceso MiFarma (Av. Angamos Este y Av. Aviación). (Fuente: Propia)

- Acceso Coliseo Dibós

Giros posibles: Giro izquierda, Giro derecha y de frente.

Figura 45. Acceso Coliseo Dibós (Av. Angamos Este y Av. Aviación). (Fuente: Propia)

- Acceso Clínica de Enfermedades Neoplásicas

Giros posibles: Giro izquierda, Giro derecha y de frente.

Paradero de Buses. Señal vertical: Solo buses.

Figura 46. Acceso Clínica de Enfermedades Neoplásicas (Av. Angamos Este y Av. Aviación). (Fuente: Propia)

Intersección Av. Angamos Este con Av. Tomás Marsano

- Acceso GoodYear

Giros posibles: Giro izquierda, Giro derecha y de frente.

Figura 47. Acceso GoodYear (Av. Angamos Este y Av. Tomás Marsano)

Se observa la señalización horizontal que indica la existencia de un paradero. Además, los sentidos de los vehículos que circulan por el acceso.

- Acceso Open Plaza

Giros posibles: Giro izquierda, Giro derecha y de frente.

Señal Vertical: Cruce de peatones

Figura 48. Acceso Open Plaza (Av. Angamos Este y Av. Tomás Marsano) Señal "Cruce de peatones". (Fuente: Propia)

Señal en estado deficiente, ya que se encuentra en posición contraria a la establecida.

Figura 49. Acceso Open Plaza (Av. Angamos Este y Av. Tomás Marsano) Señal "Paradero Prohibido". (Fuente: Propia)

Paradero de buses colocado después del acceso de salida

Figura 50. Acceso Open Plaza (Av. Angamos Este y Av. Tomás Marsano) Señal "Paradero de buses". (Fuente: Propia)

- Acceso Central de Video Vigilancia

Giros posibles: Giro izquierda, Giro derecha y de frente.

Paradero de Buses. Señales Verticales: Solo Buses y Paradero.

Figura 51. Acceso Central de Vigilancia (Av. Angamos Este y Av. Tomás Marsano) – Paradero. (Fuente: Propia)

Señal Vertical: Huaca La Merced a 1000 metros.

Figura 52. Acceso Central de Vigilancia (Av. Angamos Este y Av. Tomás Marsano) Señal "Huaca La Merced a 1000 m.). (Fuente: Propia)

- Acceso Grifo Primax

Giros posibles: Giro derecha y de frente.

Figura 53. Acceso Grifo Primax (Av. Angamos Este y Av. Tomás Marsano). (Fuente: Propia)

En la imagen se observa la señalización vertical que prohíbe el giro a la izquierda

Intersección Av. Angamos Este con Av. República de Panamá

- Acceso C.C. Maestro

Giros posibles: Giro derecha y de frente.

Figura 54. Acceso C.C. Maestro (Av. Angamos Este y Av. República de Panamá). (Fuente: Propia)

Se aprecia que la señalización horizontal esta despintada y que existen baches en la carpeta asfáltica.

- Acceso Farmacia “MiFarma”

Giros posibles: Giro derecha y de frente.

Paradero de Buses

Figura 55. Acceso “MiFarma” (Av. Angamos Este y Av. República de Panamá). (Fuente: Propia)

Se observa el paradero y la señalización horizontal deficiente.

- Acceso Tienda de Colchones “Paraíso”

Giros posibles: Giro derecha y de frente.

Estacionamiento de vehículos.

Figura 56. Acceso Tienda "Paraíso" (Av. Angamos Este y Av. República de Panamá). (Fuente: Propia)

En el acceso se encuentran estacionamientos justo antes de ingresar a la intersección.

- Acceso Fábrica

Giros posibles: Giro derecha y de frente.

Figura 57. Acceso Fábrica (Av. Angamos Este y Av. República de Panamá). (Fuente: Propia)

Se observa la señalización horizontal con los giros disponibles y la inexistencia de un paradero.

Dentro del trabajo de campo se investigó los paraderos y estacionamientos que existen en los accesos de las intersecciones estudiadas. La finalidad de realizar esta evaluación de las condiciones de circulación es tener conocimiento previo de las vías para realizar un cálculo correcto del grado de saturación. Ello se aplica a los factores por existencia del carril de estacionamiento (fp) y factor de ajuste por efecto de los autobuses locales que paran dentro de la zona (fbb). La siguiente tabla explica la situación de los factores mencionados en cada acceso del caso de estudio.

Intersección	Acceso	Factor por existencia de carril de estacionamiento	Factor por ajuste por efecto de los autobuses locales que paran dentro de la zona	Representación
Av. Angamos				
Este con Av. Tomás Marsano	Good Year	No	Si
Av. Angamos				
Este con Av. Tomás Marsano	Open Plaza	No	No

Av. Angamos Este con Av. Tomás Marsano	Central de Video Vigilancia	No	Si
Av. Angamos Este con Av. Tomás Marsano	Grifo Primax	No	No
Av. Angamos Este con República de Panamá	C.C. Maestro	No	No
Av. Angamos Este con República de Panamá	Farmacia "MiFarma"	No	Si
Av. Angamos Este con República de Panamá	Tienda de Colchones "Paraíso"	Si	No
Av. Angamos Este con República de Panamá	Fabrica	Si	No

Av. Angamos Este con Av. Aviación	Central de Bicicletas “Estación Primavera”	No	Si
Av. Angamos Este con Av. Aviación	Farmacia “Mi Farma”	No	Si
Av. Angamos Este con Av. Aviación	Coliseo Dibós	No	Si
Av. Angamos Este con Av. Aviación	Clínica de Enfermedades Neoplásicas	No	Si

Tabla 18. Factores Fp y Fbb. Fuente Propia.

Asimismo, es importante recalcar que cualquier modificación que se realice en la avenida Angamos, especialmente en los cruces investigados, serán de gran repercusión a nivel metropolitano debido a la alta concurrencia de transporte público reafirmando su condición de eje vital en el tramo urbano de la capital. Como una muestra representativa de lo ya dicho, se enlista las principales rutas identificadas durante la etapa de recolección de datos en el área de estudio.

-
- Ruta 1701 de la empresa E.T. Señor de la Soledad. S.A. (SESOSAC)
 - La empresa ET Angamos S.A.
 - La ruta SO-35 de E.T. Machu Picchu S.A.
 - La ruta 2410 coloquialmente denominada COVIDA de la empresa Federico Villareal S.A.
 - La ruta CR-71 de la compañía Grupo Diez S.A.C.
 - La ruta EM-49 de E.T. Angamos S.A.C.
 - Ruta 3408 de E.T. 40 Integrada S.A.

4.2. Aforo Vehicular

En el siguiente ítem se muestra el aforo vehicular de las intersecciones estudiadas. De acuerdo con el tipo de vehículo, los giros realizados y según el carril donde se encontraban posicionados durante el periodo de circulación que transitan en las intersecciones estudiadas. La data obtenida es utilizada para obtener el flujo vehicular y la hora de mayor demanda u horas picos. El detalle del conteo presencial de vehículos se encuentra archivado al final de la presentación en el ítem de Anexos.

En la siguiente figura se muestra un resumen del aforo realizado, se sumó el número de automóviles, motocicletas y bicicletas contabilizados en los 4 accesos por cruces perpendiculares. La finalidad es graficar los histogramas de las intersecciones Av. Angamos Este con Av. Aviación, Av. Tomás Marsano y República de Panamá. De acuerdo con los resultados de las gráficas se determina la hora de mayor demanda vehicular en los horarios de mañana, tarde y noche aproximadamente.

Aforo Vehicular			
Hora	Av. Aviación	Av. Tomas Marsano	Av. República de Panamá
	Vehiculos		
07:00 - 07:15	1,416	1,224	879
07:15 - 07:30	1,443	1,233	899
07:30 - 07:45	1,483	1,252	983
07:45 - 08:00	1,542	1,300	1,018
08:00 - 08:15	1,789	1,471	1,092
08:15 - 08:30	1,794	1,340	1,046
08:30 - 08:45	1,792	1,258	1,023
08:45 - 09:00	1,793	1,261	996
09:00 - 09:15	1,678	1,310	985
09:15 - 09:30	1,706	1,390	943
09:30 - 09:45	1,657	1,295	910
09:45 - 10:00	1,587	1,190	925
10:00 - 10:15	1,362	1,126	862
10:15 - 10:30	1,371	1,097	933
10:30 - 10:45	1,289	1,071	953
10:45 - 11:00	1,343	1,071	983
11:00 - 11:15	1,424	1,056	1,063
11:15 - 11:30	1,502	1,063	1,120
11:30 - 11:45	1,611	1,115	1,052
11:45 - 12:00	1,628	1,074	1,100
12:00 - 12:15	1,568	1,236	1,058
12:15 - 12:30	1,680	1,283	1,055
12:30 - 12:45	1,597	1,316	1,061
12:45 - 13:00	1,727	1,229	1,014
13:00 - 13:15	1,759	1,217	1,004
13:15 - 13:30	1,778	1,259	998
13:30 - 13:45	1,777	1,170	972
13:45 - 14:00	1,636	1,125	987
14:00 - 14:15	1,791	1,194	930
14:15 - 14:30	1,642	1,165	990
14:30 - 14:45	1,643	1,132	956
14:45 - 15:00	1,600	1,141	947
15:00 - 15:15	1,611	1,119	943
15:15 - 15:30	1,671	1,128	939
15:30 - 15:45	1,685	1,177	975
15:45 - 16:00	1,740	1,127	967
16:00 - 16:15	1,732	1,174	965
16:15 - 16:30	1,764	1,232	889
16:30 - 16:45	1,807	1,188	914
16:45 - 17:00	1,779	1,200	946
17:00 - 17:15	1,902	1,334	976
17:15 - 17:30	1,946	1,409	1,060
17:30 - 17:45	2,011	1,362	1,061
17:45 - 18:00	1,872	1,366	1,091
18:00 - 18:15	1,691	1,273	1,123
18:15 - 18:30	1,802	1,239	1,025
18:30 - 18:45	1,795	1,201	820
18:45 - 19:00	1,808	1,206	814
19:00 - 19:15	1,662	1,193	751
19:15 - 19:30	1,764	1,191	832
19:30 - 19:45	1,778	1,246	797
19:45 - 20:00	1,576	1,191	777

Figura 58. Resumen del Aforo Vehicular. (Fuente: Propia)

Figura 59. Histograma Vehicular de Av. Angamos - Av. Aviación. (Fuente: Propia)

Según el histograma vehicular la primera hora pico identificada es de 08:00 a 09:00 donde circulan 7,168 UCP (Autos/h). Además, en la tarde existen dos horarios de mayor demanda. Por un lado, se encuentran en movimiento 7,041 UCP (Autos/h) de 12:45 a 13:45. Por último, de 17:00 a 18:00 existen 7,731 UCP (Autos/h) que cruzan la intersección de Angamos con Aviación. Ello convierte al horario mencionado como el más crítico de lunes a viernes.

Figura 60. Histograma Vehicular de Av. Angamos - Av. Tomás Marsano. (Fuente: Propia)

En la figura 60, el gráfico de distribuciones indica un número mayor de vehículos durante las 07:45 a 08:45, el cual asciende a 5,368 UCP (Autos/h). También, existe una situación similar en el horario de 12:00 a 13:00, puesto que circulan 5,064 UCP (Autos/h). Finalmente, la hora con mayor demanda vehicular se encuentra de 17:00 a 18:00, según lo observado, existe un acumulado de 5,469 UCP (Autos/h).

Figura 61. Histograma Vehicular de Av. Angamos - Av. República de Panamá. (Fuente: Propia)

En la gráfica se observa 3 horarios donde el existe un mayor flujo vehicular en la intersección de Av. Angamos con Av. República de Panamá. La hora de 08:00 a 09:00 circulan 4,157 UCP (Autos/h). En el transcurso de 11:15 a 12:15 incrementa la demanda de vehicular a 4,330 UCP (Autos/h). No obstante, de 17:15 a 18:15 circulan 4,336 UCP (Autos/h), por lo cual se considera la hora pico de la intersección.

De igual manera, se ha calculado la hora pico de las tres intersecciones, ya que la propuesta plantea hacer un sistema integrado. Se identificó como la suma de los volúmenes de la figura 58. En total con un número de 17,390 UCP (Autos/h) el horario de máxima demanda es de 17:00 a 18:00.

4.3. Aforo Peatonal

El aforo o conteo peatonal se realizó de igual manera al aforo vehicular, de manera presencial y con respecto a cada acceso de las tres intersecciones analizadas. Los datos obtenidos en campo son fundamentales para poder calcular el grado de saturación existente. En el siguiente cuadro de doble entrada se presenta de forma resumida el número de transeúntes en las intersecciones previamente mencionadas. Este sumario muestra en periodos de una hora la cantidad de personas que transitan. El conteo peatonal detallado por intersección y accesos cada 15 minutos según lo contabilizado durante el aforo vehicular, se encuentra en el ítem de Anexos.

A diferencia del aforo vehicular, el número de peatones con mayor incidencia sucede en el horario de 08:00 a 09:00 con un total de 9,984. Ello se evidencia en campo, pues según lo observado existe una gran confluencia de trabajadores y estudiantes que se dirigen a sus centros laborales y académicos respectivamente.

Aforo Peatonal			
Hora	Av. Aviación	Av. Tomás Marsano	Av. República de Panamá
	Peatones		
07:00 - 07:15	845	830	569
07:15 - 07:30	720	974	636
07:30 - 07:45	876	1010	643
07:45 - 08:00	688	794	548
08:00 - 08:15	950	875	634
08:15 - 08:30	764	1027	709
08:30 - 08:45	985	1065	732
08:45 - 09:00	774	837	632
09:00 - 09:15	819	850	603
09:15 - 09:30	698	998	653
09:30 - 09:45	850	1035	635
09:45 - 10:00	668	813	529
10:00 - 10:15	820	702	535
10:15 - 10:30	698	808	606
10:30 - 10:45	850	856	655
10:45 - 11:00	668	713	615
11:00 - 11:15	808	683	687
11:15 - 11:30	688	786	760
11:30 - 11:45	837	833	736
11:45 - 12:00	688	694	631
12:00 - 12:15	768	804	633
12:15 - 12:30	654	924	716
12:30 - 12:45	796	980	740
12:45 - 13:00	626	816	639
13:00 - 13:15	777	898	650
13:15 - 13:30	662	986	707
13:30 - 13:45	806	1008	682
13:45 - 14:00	633	876	576
14:00 - 14:15	836	955	602
14:15 - 14:30	712	1049	655
14:30 - 14:45	867	1072	633
14:45 - 15:00	681	931	533
15:00 - 15:15	941	1006	591
15:15 - 15:30	801	1005	652
15:30 - 15:45	976	1030	711
15:45 - 16:00	767	882	617
16:00 - 16:15	811	978	575
16:15 - 16:30	691	1075	627
16:30 - 16:45	841	1099	690
16:45 - 17:00	661	954	608
17:00 - 17:15	811	815	587
17:15 - 17:30	691	895	605
17:30 - 17:45	841	915	654
17:45 - 18:00	661	795	655
18:00 - 18:15	799	839	645
18:15 - 18:30	681	883	738
18:30 - 18:45	829	821	736
18:45 - 19:00	651	785	676
19:00 - 19:15	760	1000	677
19:15 - 19:30	648	956	746
19:30 - 19:45	788	979	775
19:45 - 20:00	619	978	613

Figura 62. Aforo Peatonal. (Fuente: Propia)

4.4. Flujograma

A partir de los datos de los aforos de cada intersección se elaboraron diagramas de flujo o flujogramas de la hora de mayor demanda vehicular para indicar el número de vehículos, motocicletas y bicicletas que atraviesan la intersección de acuerdo con el giro o movimiento que realizan en la hora pico. Se colocó el flujo total del acceso y la cantidad que cruza de frente, gira a la derecha y gira a la izquierda.

- **Flujograma por acceso Av. Angamos Este con Av. República de Panamá.**

Figura 63. Flujograma Acceso C.C. Maestro. (Fuente: Propia)

En la figura 63, se observa el flujograma del acceso C.C. Maestro de la intersección entre Av. Angamos Este y Av. República de Panamá de la hora pico, la cual es de 17:15 a 18:15. En este acceso, el carril de mayor demanda es el segundo con un conteo de 596, en la cual el flujo de frente es 581, el que dobla a la derecha es 11 y el que gira a la izquierda es 4. El carril con la menor cantidad de elementos que cruzan es el tercero con un flujo de 202 vehículos. El número de peatones que atraviesan el acceso es 158 en esa hora.

Figura 64. Flujograma Acceso "MiFarma". (Fuente: Propia)

En la figura 64, se observa el flujo vehicular del acceso MiFarma en la hora punta de la intersección, es decir, de 17:15 a 18:15. En esta se visualizan cuatro carriles, en la cual el tercer carril supera en demanda a los demás con un flujo de 480 vehículos de frente, 9 a la derecha y 12 a la izquierda. Asimismo, el flujo de peatones es de 1345 a esa hora.

Figura 65. Flujograma Acceso Fábrica. (Fuente: Propia)

En la figura 65, se observa el flujo vehicular del acceso Fábrica en la hora punta de la intersección. En esta se visualizan dos carriles, en la cual el primer carril supera en demanda al segundo con un conteo de 574 vehículos de frente y 33 a la izquierda. Además, el flujo de peatones es de 204 a esa hora.

Figura 66. Flujograma Acceso Tienda "Paraíso". (Fuente: Propia)

En la figura 66, se analiza el flujo vehicular del acceso de la tienda de colchones "Paraíso" en la hora punta. En esta se pueden observar dos carriles. En este caso, el primer carril supera en demanda al segundo con un flujo de 232 vehículos de frente y 29 a la izquierda. Por otro lado, el flujo de peatones es de 853 personas durante esa hora.

- Flujograma por acceso Av. Angamos Este con Av. Tomás Marsano.

Figura 67. Flujograma Acceso Grifo "Primax". (Fuente: Propia)

En la figura 67, se observa el flujo vehicular del acceso Grifo Primax en la hora punta de la intersección, es decir, de 17:00 a 18:00. En este acceso se pueden analizar tres carriles. El segundo carril tiene mayor demanda que los demás carriles, ya que cruzan 702 vehículos de frente, 9 para la izquierda y 31 para la derecha. La mayor cantidad de vehículos que giraron hacia la izquierda fueron 31 provenientes del primer carril y para la derecha fueron 112 del tercer carril. Del mismo modo, el flujo de peatones es de 859 a esa hora.

Figura 68. Flujograma Acceso Open Plaza. (Fuente: Propia)

En la figura 68, se observa el flujo vehicular del acceso Open Plaza en la hora punta de la intersección, es decir, de 17:00 a 18:00. En este acceso se pueden analizar cinco carriles. El primer carril tiene mayor demanda que los demás carriles, ya que cruzan 338 vehículos de frente y 215 para la izquierda. La mayor cantidad de vehículos que giraron hacia la izquierda fueron 215 provenientes del primer carril y para la derecha fueron 222 del quinto carril. De igual manera, el flujo de peatones es de 1231 a esa hora.

Figura 69. Flujograma Acceso Central de Video Vigilancia. (Fuente: Propia)

En respuesta al análisis visual en la figura 69, se concluye que el flujo vehicular del acceso Central de Video Vigilancia en la hora punta de la intersección es de 17:00 a 18:00. En este acceso se pueden analizar cinco carriles. El primer carril tiene mayor demanda que los demás carriles, ya que cruzan 170 vehículos de frente y 273 para la izquierda. La mayor cantidad de vehículos que giraron hacia la izquierda fueron 273 provenientes del primer carril y para la derecha fueron 4 del quinto carril. De igual manera, el flujo de peatones es de 688 a esa hora.

Figura 70. Flujograma Acceso Goodyear. (Fuente: Propia)

En la figura 70, se observa el flujograma del acceso Goodyear de la hora pico de esta intersección, la cual es de 17:00 a 18:00. En este acceso, el carril de mayor demanda es el primero con un conteo de 412, en la cual el flujo de frente es 215 y el que gira a la izquierda es 197. El carril con la menor cantidad de elementos que pasan es el quinto con un flujo de 120 vehículos. El número de peatones que cruzan el acceso es 1168 en la hora punta.

- **Flujograma por acceso Av. Angamos Este con Av. Aviación.**

Figura 71. Flujograma del acceso “Coliseo Dibós” de la intersección Av. Angamos Este y Av. Aviación.

(Fuente: Propia)

En la figura 71, se observa el flujo vehicular del acceso Coliseo Dibós en la hora punta de la intersección, es decir, de 17:00 a 18:00. Se colocaron los diferentes movimientos por carril con el flujo de cada uno de ellos. En esta se visualizan cuatro carriles, en la cual el tercer carril supera en demanda a los demás con 684 vehículos de frente y 34 a la derecha. Asimismo, el flujo de peatones es de 1195 a esa hora.

Figura 72. Flujograma del acceso “MiFarma” de la intersección Av. Angamos Este y Av. Aviación. (Fuente: Propia)

En la figura 72, se observa el flujo vehicular del acceso MiFarma en la hora punta, es decir, de 17:00 a 18:00. En este acceso se visualizan cinco carriles, en la cual el tercer carril supera en demanda a los demás con 646 vehículos de frente. La mayor cantidad de vehículos que giró para la izquierda fueron 483 provenientes del primer carril y para la derecha fueron 168 del quinto carril. Asimismo, el flujo de peatones es de 1530 a esa hora.

Figura 73. Flujograma del acceso “Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas” de la intersección Av. Angamos Este y Av. Aviación. (Fuente: Propia)

En la figura 73, se alcanza ver el flujo vehicular del acceso Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas en la hora punta de la intersección, es decir, de 17:00 a 18:00. En este acceso se observan cuatro carriles, en la cual el tercer carril supera en demanda a los demás con 214 vehículos de frente, 15 a la derecha. La mayor cantidad de vehículos que doblaron para la izquierda fueron 179 provenientes del primer carril y para la derecha fueron 37 del quinto carril. Asimismo, el flujo de peatones es de 309 a esa hora.

Figura 74. Flujograma del acceso “Central de Bicicletas” de la intersección Av. Angamos Este y Av.

Aviación. (Fuente: Propia)

En la figura 74, se alcanza ver el flujo vehicular del acceso Central de Bicicletas en la hora punta de la intersección, es decir, de 17:00 a 18:00. En este acceso se observan cuatro carriles, en la cual el segundo carril con una demanda de 136 vehículos de frente, 148 a la izquierda. La mayor cantidad de vehículos que doblaron para la izquierda fueron 496 provenientes del primer carril y para la derecha fueron 82 del cuarto carril. Asimismo, el flujo de peatones es de 491 a esa hora.

4.5. Grado de Saturación

Se calculó el grado de saturación de cada intersección estudiada mediante la información brindada por los flujogramas de las intersecciones de Av. Angamos con Av. República Panamá, Av. Tomás Marsano y Av. Aviación. Asimismo, se utilizó el flujo vehicular de cada carril y cada acceso hallado en las intersecciones. De esta manera, estos se emplearon para hallar el flujo de saturación y los factores de saturación encontrados en el HCM2010, para determinar al final la demanda y la oferta, y dividirlos para hallar el grado de saturación.

En el cálculo de la demanda se trabajó los movimientos de los vehículos independientemente por carril y se analizó con el número de automóviles que transitaban durante la hora pico de cada intersección. Para el determinar el Factor Horario de Máxima Demanda fue necesario emplear la data recopilada del aforo en la hora de mayor afluencia vehicular y emplear la Ecuación (1.4.1). Asimismo, se consideró, dentro del procedimiento algebraico, introducir el porcentaje de motocicletas por movimiento, ya que según lo observado en el trabajo de campo existe una gran cantidad de este tipo de vehículos circulando por las intersecciones.

Se ejecutó la Ecuación (1.5.4) para determinar el factor de ajuste por vehículos pesados y uniformizar el espacio vehicular de cada medio de transporte terrestre dentro de los accesos estudiados. Ello es equivalente a usar el factor Unidad Coche Patrón (UCP), empleado por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC) para homogeneizar las unidades móviles que transitan en las avenidas urbanas o rurales.

Dentro de la normativa del manual HCM 2010 el componente E_v , es considerado como unidad, debido al ajuste que ya se realiza durante el cálculo de la oferta automovilística, por conflictos con peatones y flujo opuesto.

Por último, se multiplicó la cantidad de vehículos por el factor E_v y se dividió por la multiplicación del FHMD y Factor de Ajuste de Vehículos Pesados, determinando la demanda por movimiento. Posterior, se sumó cada carril para encontrar el flujo vehicular requerido por acceso.

FASE	ACCESO	CARRIL	MOVIMIENTO	VEHÍCULOS	FHMD	P camiones (%)	P buses (%)	P motocicletas (%)	f _{h_v}	Ev	q ADE (movimiento)	q ADE (carril)	q ADE (acceso)
Fase 1	Oeste	1	Izquierda	152	0.9729	1.9737	0.0000	3.2895	0.9925	1.0000	157	614	2107
			De frente	345		3.1884	12.4638	1.4493	0.7768	1.0000	457		
			Derecha	0		0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	0		
		2	Izquierda	27	0.9695	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	28	1159	
			De frente	945		1.5873	6.5608	0.8466	0.8701	1.0000	1116		
			Derecha	14		0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	14		
		3	Izquierda	12	0.9394	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	12	334	
			De frente	210		2.8571	12.8571	1.9048	0.7769	1.0000	278		
			Derecha	43		0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	44		
	Este	1	Izquierda	4	0.9431	25.0000	0.0000	75.0000	1.1461	1.0000	4	367	1403
			De frente	287		2.7875	10.4530	2.7875	0.8116	1.0000	363		
			Derecha	0		0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	0		
		2	Izquierda	15	0.9542	20.0000	0.0000	0.0000	0.7692	1.0000	20	757	
			De frente	581		2.5818	10.1549	2.5818	0.8166	1.0000	731		
			Derecha	4		0.0000	25.0000	0.0000	0.6667	1.0000	6		
		3	Izquierda	11	0.9293	0.0000	9.0909	0.0000	0.8462	1.0000	13	278	
			De frente	161		2.4845	9.9379	1.8634	0.8173	1.0000	202		
			Derecha	41		12.1951	14.6341	0.0000	0.6777	1.0000	62		
Fase 2	Norte	1	Izquierda	33	0.8501	3.0303	3.0303	3.0303	0.9210	1.0000	37	633	1070
			De frente	574		0.6969	0.6969	2.0906	0.9897	1.0000	596		
			Derecha	0		0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	0		
		2	Izquierda	0	0.9818	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	0	437	
			De frente	387		0.7752	0.7752	2.5840	0.9903	1.0000	402		
			Derecha	34		0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	35		
	Sur	1	Izquierda	29	0.9686	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	30	442	773
			De frente	232		4.7414	38.7931	17.6724	0.5785	1.0000	412		
			Derecha	0		0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	0		
		2	Izquierda	0	0.8999	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	0	331	
			De frente	175		4.5714	37.7143	17.7143	0.5868	1.0000	307		
			Derecha	24		0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	25		

Tabla 19. Demanda vehicular Av. Angamos Este con Av. República de Panamá. (Fuente: Propia)

La tabla 19 proporcionó un resumen de los resultados realizados para determinar la demanda vehicular por accesos y fases en la intersección Av. Angamos Este con Av. República de Panamá. Se observa que el acceso de mayor demanda fue el oeste con 2107 vehículos por hora.

FASE	ACCESO	CARRIL	MOVIMIENTO	VEHÍCULOS	FHMD	P camiones (%)	P buses (%)	P motocicletas (%)	fhv	Ev	q ADE (movimiento)	q ADE (carril)	q ADE (acceso)
Fase 1	Oeste	1	De frente	347	0.9258	4.8991	8.3573	5.7637	0.8319	1.0000	451	451	1746
			Derecha	0		0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0		
		2	Izquierda	9	0.9367	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	10	934	
			De frente	702		2.2792	8.2621	5.6980	0.8611	1.0000	881		
			Derecha	31		3.2258	12.9032	0.0000	0.7654	1.0000	44		
		3	Izquierda	0	0.9409	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	0	361	
			De frente	187		2.1390	8.5561	5.3476	0.8566	1.0000	236		
			Derecha	112		4.4643	0.0000	4.4643	0.9643	1.0000	125		
		Este	1	De frente	338	0.9597	4.7337	7.1006	3.2544	0.8395	1.0000	435		435	1972
	Derecha			0	0.0000		0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	0		
	2		Izquierda	55	0.9579	0.0000	0.0000	1.8182	1.0123	1.0000	59	441	
			De frente	289		5.1903	7.2664	2.7682	0.8301	1.0000	376		
	3		Derecha	6	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	6	317		
			Izquierda	24	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	26			
			De frente	205	4.3902	7.3171	2.9268	0.8385	1.0000	264			
	4		Derecha	25	0.9614	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	27	305	
			Izquierda	0		0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	0		
			De frente	193		4.6632	6.7358	3.1088	0.8447	1.0000	247		
	5		Derecha	56	0.9530	0.0000	0.0000	5.3571	1.0372	1.0000	58	474	
			Izquierda	0		0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	0		
			De frente	184		4.8913	7.0652	3.2609	0.8383	1.0000	237		
	Fase 2	Sur	1	Derecha	222	0.9609	1.3514	0.0000	4.9550	1.0131	1.0000	237	527	1208
Izquierda				273	1.8315		8.0586	16.8498	0.9296	1.0000	317		
De frente				170	4.7059		4.7059	2.9412	0.8734	1.0000	210		
2			Derecha	0	0.9823	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	0	261	
			Izquierda	69		1.4493	7.2464	17.3913	0.9522	1.0000	78		
			De frente	146		4.7945	5.4795	3.4247	0.8631	1.0000	183		
3			Derecha	0	0.9591	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	0	165	
			Izquierda	31		0.0000	9.6774	12.9032	0.9033	1.0000	37		
			De frente	103		4.8544	4.8544	2.9126	0.8693	1.0000	128		
4			Derecha	0	0.9369	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	0	132	
			Izquierda	0		0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	0		
			De frente	97		5.1546	5.1546	1.0309	0.8521	1.0000	123		
5			Derecha	8	0.8496	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	9	123	
			Izquierda	0		0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	0		
			De frente	94		5.3191	5.3191	2.1277	0.8533	1.0000	119		
Fase 3	Norte	1	Derecha	4	0.9758	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	4	464	1193
			Izquierda	197		3.5533	0.0000	4.0609	0.9746	1.0000	218		
			De frente	215		2.3256	3.7209	7.4419	0.9439	1.0000	246		
		2	Derecha	0	0.9669	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	0	271	
			Izquierda	50		6.0000	0.0000	6.0000	0.9526	1.0000	57		
			De frente	184		2.7174	4.3478	7.0652	0.9256	1.0000	215		
		3	Derecha	0	0.9679	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	0	178	
			Izquierda	22		0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	24		
			De frente	131		3.0534	4.5802	6.8702	0.9163	1.0000	154		
		4	Derecha	0	0.9544	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	0	144	
			Izquierda	0		0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	0		
			De frente	122		1.6393	3.2787	7.3770	0.9609	1.0000	137		
		5	Derecha	6	0.9666	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	6	135	
			Izquierda	0		0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	0		
			De frente	118		1.6949	3.3898	7.6271	0.9596	1.0000	133		
Fase 4	Oeste	1	Izquierda	31	0.7885	9.6774	0.0000	16.1290	0.9642	1.0000	41	41	41
	Este	1	Izquierda	215	0.9838	0.9302	0.0000	1.3953	0.9954	1.0000	220	220	220

Tabla 20. Demanda vehicular Av. Angamos Este con Av. Tomás Marsano. (Fuente: Propia)

En la tabla 20, se obtuvo las demandas vehiculares de los accesos de las tres fases de la intersección de la Av. Angamos Este con Av. Tomás Marsano. El acceso de mayor demanda fue el este con 1972 vehículos por hora.

FASE	ACCESO	CARRIL	MOVIMIENTO	VEHÍCULOS	FHMD	P camiones (%)	P buses (%)	P motocicletas (%)	f _h v	Ev	q ADE (movimiento)	q ADE (carril)	q ADE (acceso)
Fase 1	Oeste	1	De frente	155	0.9148	2.5806	5.1613	3.2258	0.8757	1.0000	193	2186	
			Derecha	0		0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	0		
		2	De frente	524	0.9283	2.0992	4.5802	3.6260	0.8904	1.0000	643		
			Derecha	0		0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	0		
		3	Izquierda	37	0.9245	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	40		
			De frente	646		1.8576	6.5015	3.5604	0.8636	1.0000	818		
			Derecha	41		2.4390	0.0000	0.0000	0.9647	1.0000	46		
			Izquierda	0		0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	0		
		4	De frente	169	0.9615	2.3669	4.7337	3.5503	0.8848	1.0000	209		
			Derecha	81		0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	89		
			Izquierda	0		0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	0		
			De frente	0		0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	0		
			Derecha	135	0.9817	0.0000	0.0000	0.7407	1.0000	1.0000	148		
			Izquierda	0		0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	0		
	Este	1	De frente	153	0.9583	0.6536	0.0000	1.3072	0.9903	1.0000	169	2331	
			Derecha	0		0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	0		
		2	De frente	499	0.9386	0.8016	0.6012	1.2024	0.9765	1.0000	559		
			Derecha	0		0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	0		
			Izquierda	0		0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	0		
			De frente	583	0.9399	0.6861	3.0875	1.3722	0.9328	1.0000	683		
			Derecha	199		0.5025	0.0000	1.5075	0.9925	1.0000	219		
			Izquierda	0		0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	0		
		4	De frente	197	0.9156	0.5076	16.2437	1.5228	0.7505	1.0000	287		
			Derecha	374		0.8021	0.0000	1.3369	0.9881	1.0000	414		
Fase 2	Oeste	1	Izquierda	464	0.9674	1.0776	0.0000	1.0776	0.9841	1.0000	515	759	759
		2	Izquierda	217	0.9953	1.8433	0.0000	2.3041	0.9731	1.0000	244		
	Este	1	Izquierda	89	0.9800	5.6180	0.0000	5.6180	0.9223	1.0000	105	144	144
		2	Izquierda	31	0.9786	9.6774	0.0000	16.1290	0.8732	1.0000	39		
Fase 3	Sur		Izquierda	151	0.9421	3.3113	2.6490	3.3113	0.9069	1.0000	182	1199	
			De frente	53		1.8868	0.0000	9.4340	0.9725	1.0000	60		
			Derecha	0		0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	0		
			Izquierda	63	0.9118	4.7619	19.0476	7.9365	0.6885	1.0000	100		
		2	De frente	171		2.3392	2.3392	2.9240	0.9243	1.0000	202		
			Derecha	8		0.0000	0.0000	62.5000	1.0000	1.0000	9		
			Izquierda	28	0.9559	0.0000	60.7143	17.8571	0.4516	1.0000	68		
			De frente	213		1.8779	9.8592	2.3474	0.8161	1.0000	285		
			Derecha	13		0.0000	0.0000	38.4615	1.0000	1.0000	14		
		4	Izquierda	0	0.9449	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	0		
			De frente	94		1.0638	64.8936	5.3191	0.4322	1.0000	238		
			Derecha	33		9.0909	0.0000	15.1515	0.8800	1.0000	41		
	Norte	1	Izquierda	182	0.9049	0.0000	2.7473	8.7912	0.9479	1.0000	210	2504	
			De frente	177		0.5650	0.5650	4.5198	0.9806	1.0000	197		
			Derecha	0		0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	0		
			Izquierda	80	0.9720	0.0000	10.0000	8.7500	0.8333	1.0000	105		
		2	De frente	577		0.6932	0.6932	4.6794	0.9763	1.0000	646		
			Derecha	0		0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	0		
			Izquierda	29	0.9314	0.0000	44.8276	0.0000	0.5273	1.0000	60		
			De frente	585		0.6838	5.1282	5.1282	0.8986	1.0000	712		
			Derecha	34		0.0000	17.6471	2.9412	0.7391	1.0000	50		
		4	Izquierda	0	0.8716	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	0		
			De frente	275		0.3636	22.1818	3.2727	0.6901	1.0000	436		
			Derecha	60		5.0000	13.3333	1.6667	0.7453	1.0000	88		

Tabla 21. Demanda vehicular Av. Angamos Este con Av. Aviación. (Fuente: Propia)

Debido a la metodología mostrada en la tabla 21, se obtuvo las demandas vehiculares de los accesos de las tres fases de la intersección de la Av. Angamos Este con Av. Aviación. El acceso con mayor demanda fue el norte con 2331 vehículos por hora.

Asimismo, se detalló el procedimiento numérico necesario para determinar la oferta vehicular y posterior el grado de saturación de las intersecciones previamente señaladas al inicio del capítulo. En el caso de la capacidad vehicular se analizó por grupo de carriles, es decir se unificaba aquellos carriles que presentaban los mismos movimientos. Se identificó la

tasa de flujo de saturación base equivalente a 1750, según el manual HCM 2010 este valor se debe porque las intersecciones se encuentran dentro del área metropolitana menor a 250,000 habitantes. Los cruces de Av. Angamos Este con Av. República de Panamá y Av. Tomás Marsano se encuentran en el distrito de Surquillo que cuenta con 81,959 habitantes según datos estadísticos del INEI. De igual manera, la sumatoria entre ciudadanos del Distrito de San Borja y Surquillo no superan los 250,000 habitantes por lo tanto se consideró el mismo valor de 1750 para la intersección de Av. Angamos Este con Av. Aviación.

El siguiente factor correspondiente al ancho del carril (fw) se determinó al promediar las longitudes de los carriles mostrado en el análisis geométrico de las intersecciones, la geometría se encuentra en el capítulo 3 de la presente investigación. Luego, se calculó el porcentaje de vehículos pesados por grupos de carriles. Se empleó el software Google Earth para encontrar la pendiente por acceso y así calcular el factor (fg).

Para el factor por estacionamiento (fp) se contabilizó los vehículos que aparcaban durante la hora pico, como se detalla en el análisis geométrico solo se considera este factor para la intersección que comprende la Av. República de Panamá. Los datos recopilados durante ese periodo fueron de 13 automóviles estacionados en el acceso Norte y 19 en el Sur. Por otro lado, se consideró la frecuencia de buses que se detienen en los accesos (buses/hora) para determinar el factor por bloqueo de buses (fbb).

Las intersecciones escogidas para implementar la metodología *Ramp Metering* incrementan el flujo vehicular constantemente según el Informe Final de Identificación de Puntos Negros de Accidentes de Tránsito en la Jurisdicción del Distrito de Surquillo, por lo mencionado el factor de tipo de área (fa) es equivalente a 0.9. Como se observan en los flujogramas existen carriles con movimientos exclusivos, no obstante, la realidad vehicular no respeta lo indicado por ello se ha considerado el factor (flu) 1.

Para determinar los factores por giro a la izquierda (flt) y giro a la derecha es necesario

revisar las Ecuaciones (1.5.9) y (1.5.10) al igual que las tablas 5,6 y 7 que se encuentran en el marco de teórico (Capítulo 1). De igual manera para el cálculo de los factores por peatones y bicicletas con giro a la derecha (frpb) e izquierda (flpb), se identificó que los 4 accesos de las 3 intersecciones cuentan con dos sentidos de circulación. Asimismo, se observó durante el trabajo en campo la existencia de bicicletas y peatones que transitan por las vías. Según lo mencionado se ejecutan las Ecuaciones (1.5.11 – 1.5.22) y se analizan las tablas 8 y 9.

Luego, se multiplican todos los factores mencionados para determinar la tasa de flujo de saturación ajustada. Seguidamente, se calcula la oferta vehicular el multiplicar el número de carriles por grupo (N), la tasa de flujo (S), el verde efectivo (Ve) entre la longitud del ciclo de semáforo en la intersección (C). Por último, el valor obtenido se divide entre la demanda previamente calculada para hallar finalmente el grado de saturación de carril analizado por grupo de carril.

Av. Angamos Este con Av. República de Panamá																					
FASE	ACCESO	G CARRIL	So	fw	fhv	fg	fp	fb	fa	fLu	fLt	fRt	fLpb	fRpb	S	N	Ve	C	Q	q	Xi
Fase 1	Oeste	1	1750	1	0.973718345	0.99305	1	1	0.9	1	0.262054507	1	0.98254922	1	392.1308182	1	87	160	213.2211324	614	2.879336131
		2	1750	1	0.987887118	0.99305	1	0.70432	0.9	1	0.262054507	0.75	0.98254922	0.795058781	167.0842325	2	87	160	181.7041028	1493	8.216655413
	Este	1	1750	1	0.967018382	1.00695	1	1	0.9	1	0.222222222	1	0.965202453	1	328.9493991	1	87	160	178.8662358	367	2.052239603
		2	1750	1	0.971339021	1.00695	1	1	0.9	1	0.222222222	0.85	0.965202453	0.433056582	121.6266578	1	87	160	66.13449517	757	11.453549
		3	1750	1	0.959591857	1.00695	1	0.91604	0.9	1	1	0.85	1	0.433056582	513.1602712	1	87	160	279.0308975	278	0.99638921
Fase 2	Norte	1	1750	1	0.973718345	1.01355	0.835	0.76192	0.9	1	0.27909573	1	0.68964399	1	190.3413238	1	65	160	77.32616279	633	8.185331456
		2	1750	1	0.970054645	1.01355	1	1	0.9	1	1	0.85	1	0.262563927	345.6017405	1	65	160	140.4007071	437	3.109892027
	Sur	1	1750	0.96	0.973718345	0.98645	0.805	1	0.9	1	0.473036897	1	0.890481318	1	492.4656355	1	65	160	200.0641644	442	2.209324697
		2	1750	0.96	0.970054645	0.98645	1	0.76192	0.9	1	1	0.85	1	0.786490116	736.961222	1	65	160	299.3904965	331	1.106262163

Tabla 22. Oferta y Grado de Saturación de la Av. Angamos Este con Av. República Panamá. (Fuente: Propia)

En la tabla 22, se muestra la oferta vehicular y el grado de saturación de los cuatro accesos de las tres fases de la intersección de la Av. Angamos Este con Av. Aviación. El grupo de carril con mayor grado de saturación fue el segundo del este con 11.4535.

Av. Angamos Este con Av. Aviación																					
FASE	ACCESO	G CARRIL	So	fw	fhv	fg	fp	fbb	fa	fLu	fLt	fRt	fLpb	fRpb	S	N	Ve	C	Q	q	Xi
Fase 1	Oeste	1	1750	0.96	0.979957	1.5807	1	0.866481	0.9	1	1	1	1	0.70748	1435.767	3	90	160	2422.857	1741	0.718573
		2	1750	0.96	0.991189	1.5807	1	0.984444	0.9	1	1	0.75	1	0.70748	1237.447	2	90	160	1392.128	562	0.403698
	Este	1	1750	0.96	0.981413	1.5807	1	0.945556	0.9	1	1	1	1	0.37700	836.1388	2	90	160	940.6561	728	0.773928
		2	1750	0.96	0.98917	1.5807	1	0.712222	0.9	1	1	0.75	1	0.37700	476.088	2	90	160	535.599	1603	2.992911
Fase 2	Oeste	1	1750	0.96	0.987603	1.5807	1	0.949444	0.9	1	1	1	1	1	2241.059	1	17	160	238.1125	759	3.187568
	Este	1	1750	0.96	0.985765	1.5807	1	1	0.9	1	1	1	1	1	2355.997	1	17	160	250.3247	144	0.575253
Fase 3	Sur	1	1750	1	0.976077	1.44	1	0.961111	0.9	1	0.351341	1	0.948094	1	708.7297	2	60	160	531.5473	533	1.002733
		2	1750	1	0.978873	1.44	1	0.826944	0.9	1	1	0.75	0.948094	0.44270	577.9181	2	60	160	433.4386	646	1.490407
	Norte	1	1750	1	0.995098	1.44	1	0.945556	0.9	1	0.421585	1	0.92167	1	829.1952	2	60	160	621.8964	1158	1.862046
		2	1750	1	0.992516	1.44	1	0.755	0.9	1	1	0.75	0.92167	0.30856	362.497	2	60	160	271.8727	1346	4.950846

Tabla 23. Oferta y Grado de Saturación de la Av. Angamos Este con Av. Aviación. (Fuente: Propia)

Debido a la metodología mostrada en la tabla 23, se obtuvo el grado de saturación de los accesos de las tres fases de la intersección de la Av. Angamos Este con Av. Aviación. El grupo de carril con mayor grado de saturación fue el segundo carril del oeste con 4.9508.

Av. Angamos Este con Av. Tomás Marsano																					
FASE	ACCESOG	CARRIL	So	fw	f _h v	f _g	f _p	f _{bb}	f _a	f _{Lu}	f _{Lt}	f _{Rt}	f _{Lpb}	f _{Rpb}	S	N	Ve	C	Q	q	Xi
Fase 1	Oeste	1	1750	1	0.977727	0.992809	1	1	0.9	1	1	1	1	1	1528.847	1	60	160	573.3175	451	0.78665
		2	1750	1	0.977016	0.992809	1	1	0.9	1	0.263992	0.85	1	0.613339	210.2606	1	60	160	78.84773	934	11.84562
		3	1750	1	0.97118	0.992809	1	0.88028	0.9	1	1	0.85	1	0.613339	696.926	1	60	160	261.3473	361	1.381304
	Este	1	1750	1	0.952886	1.007191	1	1	0.9	1	0.222222	1	1	1	335.9084	1	60	160	125.9656	435	3.453322
		2	1750	1	0.958543	1.007191	1	0.92948	0.9	1	0.222222	0.75	1	0.241065	56.78419	2	60	160	42.58814	758	17.79838
		3	1750	1	0.965627	1.007191	1	1	0.9	1	1	0.75	1	0.241065	276.9476	2	60	160	207.7107	779	3.750409
Fase 2	Sur	1	1750	1	0.962778	0.992175	1	0.9336	0.9	1	0.332226	1	0.825574	1	385.2525	3	39	160	281.7159	953	3.382841
		2	1750	1	0.954516	0.992175	1	1	0.9	1	1	0.75	1	0.265225	296.7073	2	39	160	144.6448	255	1.762939
Fase 3	Norte	1	1750	0.96	0.971611	1.007825	1	0.972267	0.9	1	0.395257	1	0.642563	1	365.6032	3	35	160	239.9271	913	3.805323
		2	1750	0.96	0.973551	1.007825	1	1	0.9	1	1	0.75	1	0.362049	402.8325	2	35	160	176.2392	279	1.583076
Fase 4	Oeste	1	1750	1	0.97619	0.992809	1	1	0.9	1	0.263992	1	1	1	402.9684	1	14	160	35.25974	41	1.162799
	Este	1	1750	1	0.986755	1.007191	1	1	0.9	1	0.222222	1	1	1	347.8476	1	14	160	30.43667	220	7.228124

Tabla 24. Oferta y Grado de Saturación de la Av. Angamos Este con Av. Tomás Marsano. (Fuente: Propia)

Debido a la metodología mostrada en la tabla 24, se obtuvo el grado de saturación de los accesos de las tres fases de la intersección de Av. Angamos Este con Av. Tomás Marsano. El grupo de carril con mayor grado de saturación fue el segundo carril del este con 17.798

principal del ciclo anterior, $r(k-1)$, la última ocupación vehicular del flujo cuesta abajo (O_{out}) y el intervalo de tiempo (Δt). Durante este procedimiento se debe calibrar la ocupación vehicular deseada (O'), el lugar del sensor cuesta abajo y el tiempo de actualización del ciclo de cada ratio de metrado. El parámetro K_r se encuentra entre 70 – 120 veh/h/% usualmente para los casos de *Ramp Metering*. Por otro lado, el lugar del sensor debe ser localizado donde la congestión puede ser detectada por el flujo excesivo originado de la entrada de la rampa. En varias investigaciones se ha localizado entre los 40 y 500 metros cuesta debajo de la entrada de la rampa.

Por otro lado, se empleó el algoritmo ALINEA según el artículo “Coordinated *Ramp Metering* and Intersection Signal Control” (Dongyan Su, 2014), ya que sincroniza redes semaforizadas en intersecciones urbanas. La diferencia con la fórmula del marco teórico consta en el cálculo del factor de ocupación ubicado posterior al intercambio vial. Para poder determinar este valor numérico se utiliza el parámetro de ajuste γ , según los estudios realizados en el artículo investigo se recomienda emplear para este parámetro 0.2. El factor velocidad de la onda de choque equivale a -15 km/h y la ocupación que se mide en la parte superior del acceso secundario 0.83, ambos recomendados por la investigación nombrada al inicio del párrafo.

Asimismo, λ_{in} es el número de carriles en sentido ascendente del acceso principal y en sentido descendente λ_{out} . Además, la longitud (L) de la vía se considera es empleado para el cálculo de la ocupación vehicular. Por último, $q_r(k)$ es el flujo en rampa durante el ciclo de semaforización.

Av. Angamos Este con Av. República de Panamá				
$r(k) = r(k-1) + K_R [\hat{O} - O_{out}(k-1)]$				
Acceso	C.C. Maestro	MiFarma	Fábrica	Tienda Paraiso
$r(k)$	28	25	11	10
$r(k-1)$	30	27	15	15
k_R	70.00	70.00	70.00	70.00
$\hat{O}$ (%)	0.3	0.3	0.6	0.6
$\tilde{o}'_{out}(k) = o_{in}(k) \frac{\lambda_{in}}{\lambda_{out}} + \frac{100L}{w\lambda_{out}} q_r(k) \quad \tilde{o}_{out}(k) = \gamma \tilde{o}'_{out}(k) + (1-\gamma) \tilde{o}'_{out}(k-1)$				
$\tilde{O}_{out}(k)$	0.32184	0.322408889	0.653706667	0.668666667
γ	0.2	0.2	0.2	0.2
$\tilde{O}'_{out}(k)$	0.283333333	0.163155556	0.567733333	0.612666667
$O_{in}(k)$	0.83	0.83	0.83	0.83
λ_{in}	3	3	2	2
λ_{out}	3	3	2	2
L	9.84	9.68	5.62	6.52
w (km/h)	-15000	-15000	-15000	-15000
$q_r(k)$	25	31	14	10
$\tilde{O}'_{out}(k-1)$	0.331466667	0.362222222	0.6752	0.682666667
$O_{in}(k-1)$	0.9	0.9	0.9	0.9
$\lambda_{in}(k-1)$	3	3	2	2
$\lambda_{out}(k-1)$	3	3	2	2
L	9.84	9.68	5.62	6.52
w	-15000	-15000	-15000	-15000
$q_r(k-1)$	26	25	12	10
$g = (r(k)/r_{sat}).C$				
g	76.00	81.00	36.00	36.00
$r(k)$	28	25	11	10
$r_{sat}(izq)$	60	50	50	45
C	160.00	160.00	160.00	160.00

Tabla 25. Aplicación de algoritmo ALINEA para la Av. República de Panamá. (Fuente: Propia)

Av. Angamos Este con Av. Tomás Marsano				
$r(k) = r(k-1) + K_R[\hat{O} - O_{out}(k-1)]$				
Acceso	Primax	Open Plaza	C. Vigilancia	Good Year
$r(k)$	25	22	17	16
$r(k-1)$	20	23	20	18
$k_{(R)}$	70.00	70.00	70.00	70.00
$\hat{O}$ (%)	0.5	0.6	0.6	0.8
$\tilde{o}'_{out}(k) = o_{in}(k) \frac{\lambda_{in}}{\lambda_{out}} + \frac{100L}{w\lambda_{out}} q_r(k) \quad \tilde{o}_{out}(k) = \gamma \tilde{o}'_{out}(k) + (1-\gamma) \tilde{o}'_{out}(k-1)$				
$\tilde{O}_{(out)}(k)$	0.422448889	0.6184	0.64504	0.830555556
γ	0.2	0.2	0.2	0.2
$\tilde{O}'_{(out)}(k)$	0.317222222	0.441333333	0.591266667	0.737222222
$O_{in}(k)$	0.83	0.83	0.83	0.83
λ_{in}	3	5	5	5
λ_{out}	3	3	4	3
L	9.23	15.7	12.17	11.63
w (km/h)	-15000	-15000	-15000	-15000
$q_r(k)$	25	27	22	25
$\tilde{O}'_{(out)}(k-1)$	0.448755556	0.662666667	0.658483333	0.853888889
$O_{in}(k-1)$	0.9	0.9	0.9	0.9
$\lambda_{(in)(k-1)}$	3	5	5	5
$\lambda_{(out)(k-1)}$	3	3	4	3
L	9.23	15.7	12.17	11.63
w	-15000	-15000	-15000	-15000
$q_r(k-1)$	22	24	23	25
$g = (r(k)/r_{sat}) \cdot C$				
g	58.00	58.00	36.00	34.00
$r(k)$	25	22	17	16
$r_{sat}(izq)$	70	60	75	75
C	160.00	160.00	160.00	160.00

Tabla 26. Aplicación de algoritmo ALINEA para la Av. Tomás Marsano. (Fuente: Propia)

Av. Angamos Este con Av. Aviación				
$r(k) = r(k-1) + K_R [\hat{O} - O_{out}(k-1)]$				
Acceso	MiFarma	Estacion Bicicletas	Coliseo Dibos'	Instituto Neoplasías
$r(k)$	27	19	17	15
$r(k-1)$	27	20	21	19
$k(R)$	70.00	70.00	70.00	70.00
$\hat{O}$ (%)	0.5	0.5	0.5	0.55
$\tilde{o}'_{out}(k) = o_{in}(k) \frac{\lambda_{in}}{\lambda_{out}} + \frac{100L}{w\lambda_{out}} q_r(k) \quad \tilde{o}_{out}(k) = \gamma \tilde{o}'_{out}(k) + (1-\gamma) \tilde{o}'_{out}(k-1)$				
$\tilde{O}_{out}(k)$	0.497178667	0.51061	0.554222222	0.610662222
γ	0.2	0.2	0.2	0.2
$\tilde{O}'_{out}(k)$	0.38136	0.42365	0.479555556	0.510911111
$O_{in}(k)$	0.83	0.83	0.83	0.83
λ_{in}	5	4	4	4
λ_{out}	5	4	3	3
L	14.02	11.61	14.11	14.11
w (km/h)	-15000	-15000	-15000	-15000
$q_r(k)$	24	21	20	19
$\tilde{O}'_{out}(k-1)$	0.526133333	0.53235	0.572888889	0.6356
$O_{in}(k-1)$	0.9	0.9	0.9	0.9
$\lambda_{in}(k-1)$	5	4	4	4
$\lambda_{out}(k-1)$	5	4	3	3
L	14.02	11.61	14.11	14.11
w	-15000	-15000	-15000	-15000
$q_r(k-1)$	20	19	20	18
$g = (r(k)/r_{sat}).C$				
g	56.00	41.00	52.00	49.00
$r(k)$	27	19	17	15
$r_{sat}(izq)$	78	75	53	48
C	160.00	160.00	160.00	160.00

Tabla 27. Aplicación de algoritmo ALINEA para la Av. Aviación. Fuente: (Propia)

Tiempo de Verde Efectivo (s)		
Av. Angamos Este con Av. República de Panamá		
MiFarma - C.C. Maestro	Fabrica	Tienda Paraiso
79	36	36

Tiempo de Verde Efectivo (s)		
Av. Angamos Este con Av. Tomás Marsano		
Primax	Open Plaza	C. Vigilancia - Good Year
58	58	35

Tiempo de Verde Efectivo (s)		
Av. Angamos Este con Av. Aviación		
MiFarma	Estacion Bicicletas	Coliseo Dibos - Instituto Neoplásicas
56	41	51

Tabla 28. Resumen Tiempo de Verde. Fuente: (Propia)

El cuadro presentado es un resumen el tiempo de verde efectivo por accesos que son distribuidos en las fases correspondientes de las tres intersecciones analizadas. En el caso de los accesos MiFarma y C.C. Maestro al pertenecer a una misma fase se promedió los resultados. De igual manera, se calculó para los accesos Norte y Sur en la intersección que comprende la Av. Tomás Marsano. Por otro lado, los valores mostrados son recopilados durante el ciclo con mayor reducción del grado de saturación, para tal efecto fue necesario introducir los datos mencionados al software VISSIM 9.0.

Posterior a ello, se calculó los tiempos de verdes de las tres intersecciones para las horas previas y posteriores a las horas analizadas en los cuadros anteriores con la finalidad de conocer las variaciones de los tiempos de verde. En la intersección de Av. Aviación se utilizó los flujos vehiculares recopilados en el horario de 10:00 a 11:00 para determinar los tiempos de verde mostrados anteriormente. Ahora se calcularán los tiempos de verde para los horarios de 9:00 a 10:00 y 11:00 a 12:00.

Tiempo de Verde Efectivo (s) (9:00 - 10:00)		
Av. Angamos Este con Av. Aviación		
MiFarma	Estación de Bicicletas	Coliseo Dibós - Instituto Neoplásicas
52	43	53

Tabla 29. Tiempo de Verde Efectivo (s) (9:00 - 10:00). Fuente (Propia)

Tiempo de Verde Efectivo (s) (11:00 - 12:00)		
Av. Angamos Este con Av. Aviación		
MiFarma	Estación de Bicicletas	Coliseo Dibós - Instituto Neoplásicas
58	40	50

Tabla 30. Tiempo de Verde Efectivo (s) (11:00 - 12:00). Fuente (Propia)

Por otro lado, en la intersección de Av. Tomás Marsano se empleó los flujos recopilados en el horario de 11:30 a 12:30 y se calcularán los nuevos tiempos para los horarios de 10:30 a 11:30 y 12:30 a 13:30.

Tiempo de Verde Efectivo (s) (10:15 - 11:15)		
Av. Angamos Este con Av. República de Panamá		
MiFarma - C.C. Maestro	Fábrica	Tienda Paraíso
77	37	37

Tabla 31. Tiempo de Verde Efectivo (s) (10:15 - 11:15). Fuente (Propia)

Tiempo de Verde Efectivo (s) (12:15 - 13:15)		
Av. Angamos Este con Av. República de Panamá		
MiFarma - C.C. Maestro	Fábrica	Tienda Paraíso
81	35	35

Tabla 32. Tiempo de Verde Efectivo (s) (12:15 - 13:15). Fuente (Propia)

Asimismo, el horario usado para el cálculo en la intersección de la Av. República de Panamá fue 11:15 a 12:15 y posteriormente se determinarán los tiempos de verde para los horarios 10:15 a 11:15 y 12:15 a 13:15.

Tiempo de Verde Efectivo (s) (10:30 - 11:30)		
Av. Angamos Este con Av. Tomás Marsano		
Primax	Open Plaza	C. Vigilancia - Good Year
56	59	36

Tabla 33. Tiempo de Verde Efectivo (s) (10:30 - 11:30). Fuente (Propia)

Tiempo de Verde Efectivo (s) (12:30 - 13:30)		
Av. Angamos Este con Av. Tomás Marsano		
Primax	Open Plaza	C. Vigilancia - Good Year
60	58	33

Tabla 34. Tiempo de Verde Efectivo (s) (12:30 - 13:30). Fuente (Propia)

5.2. Micro Simulación VISSIM

5.2.1. Calibración del modelo

La finalidad de modelar empleando el software VISSIM es obtener los resultados más óptimos semejantes a la realidad analizada, para lograr tal efecto se debe calibrar el programa.

El programa de simulación PTV Vissim 9, posee herramientas basadas en los parámetros psicofísicos de Wiedemann. Estos utilizan las reacciones de los conductores de cada vehículo e incluye las diferentes percepciones que tienen los usuarios durante la ruta establecida. Asimismo, se basa en el modelo de seguimiento vehicular, el cual considera los cambios de carril, el control semaforizado y el comportamiento lateral. A continuación, se mostrará una ecuación que muestra la distancia requerida (d) entre dos vehículos, la cual es usada para contrastar los resultados adquiridos por Vissim PTV 9 y los datos obtenidos en campo.

$$\text{Ecuación 30: Distancia Requerida} \quad (5.2.32)$$

$$d = ax + (bx_{add} + bx_{mult} * z) * \sqrt{v}$$

Fuente: FHWA 2004

En esta ecuación se utilizan diversas variables. La incógnita ax representa la distancia deseada entre los vehículos en posición de parada, bx_{add} indica el factor aditivo deseado por

seguridad y bx_{mult} muestra la parte aditiva deseada por seguridad. Por otro lado, el valor z se encuentra entre 0 y 1, el cual es obtenido por una distribución normal, y la velocidad es representada por v .

Figura 76. Distancia entre vehículos. (Fuente: Propia)

Este resultado obtenido especifica el espaciamiento necesario entre el vehículo seguidor y el vehículo líder en un acceso para el funcionamiento del modelo de Wiedemann. Luego, a fin de calibrar el simulador se comparó los tiempos de viaje promedio obtenidos en campo de cada intersección con los tiempos de viaje promedios obtenidos en la simulación, utilizando los parámetros de Wiedemann. Posteriormente, se colocaron las variables de la ecuación en el software Vissim PTV 9 en la herramienta de comportamiento de manejo. A continuación, se realizaron 15 corridas, el número mínimo de corridas según lo establecido por el FHWA, para hallar la longitud de cola media en cada intersección. A partir de esto, se llevaron a cabo otros intentos cada uno con diferentes valores para los parámetros de Wiedemann (ax , bx_{add} , bx_{mult}) hasta alcanzar el más cercano a los tiempos de viaje y desviaciones estándar promedio obtenidos en campo en cada intersección analizada.

Los tiempos de viaje en campo se hallaron calculando con la ayuda de un cronómetro el tiempo promedio que emplearon los vehículos para recorrer el tramo escogido para cada intersección. En las tres intersecciones se utilizaron tramos de 30 metros ubicados en la Av. Angamos Este. Para la intersección de Aviación se ubicó antes del acceso “Central de Bicicletas”. En el cruce de Tomás Marsano se utilizó un tramo de 30 metros antes del acceso “Open Plaza” y para el de Panamá se ubicó antes del acceso “MiFarma”.

Se elaboró una tabla de comparación por cada intersección, en la cual indica las medias muestrales y desviaciones estándar obtenidas en el programa Vissim y en el campo. Los valores de los parámetros de Wiedemann en el simulador Vissim variaron según cada intento realizado y se llevaron a cabo 20 de ellos. En seguida, se eligieron los dos intentos del PTV Vissim 9 más cercanos a los valores obtenidos en campo con el fin de hallar la serie de parámetros Wiedemann utilizados para conseguir la calibración de la simulación. Para cada intento se elaboraron tablas con los parámetros estadísticos de manera que con el resultado sea capaz de optar por el intento más adecuado para la simulación. A continuación, se mostrarán los procesos para la calibración de la simulación de cada intersección en detalle.

Con el trabajo realizado en campo y la simulación de las intersecciones se completó los datos de la siguiente tabla donde se indica la media de tiempo de demora y la desviación.

Intento	Parámetros			Vissim		Campo	
	ax	bdd	bmul	Media	Desviación	Media	Desviación
1	2	3	3	4.14	0.68	3.71	0.96
2	1	3	3	3.76	0.68	3.71	0.96
3	1	2	2	3.69	0.60	3.71	0.96
4	1	1	3	4.05	0.58	3.71	0.96
5	1	2.15	4	3.81	0.71	3.71	0.96
6	0.5	2.5	4	4.19	0.75	3.71	0.96
7	1.25	2.75	3	3.61	0.58	3.71	0.96
8	1	2.25	3	4.13	0.65	3.71	0.96
9	1	2.25	4	4.17	0.58	3.71	0.96
10	1	2.15	3.75	3.83	0.51	3.71	0.96
11	1	2.25	3.75	3.71	0.53	3.71	0.96
12	1	2.25	3.65	3.60	0.65	3.71	0.96
13	1	5	5	4.22	0.77	3.71	0.96
14	1	4	5	3.97	0.67	3.71	0.96
15	1	4.15	5	3.88	0.61	3.71	0.96
16	1	4.15	4.75	3.77	0.60	3.71	0.96
17	1	3	4.75	3.91	0.51	3.71	0.96
18	1	3	4	3.70	0.47	3.71	0.96
19	1	1.5	2.5	3.99	0.65	3.71	0.96
20	1	2	2.5	4.03	0.71	3.71	0.96

Tabla 35. Parámetros de Calibración Av. Tomás Marsano. Fuente: (Propia)

Para la elaboración de la Tabla 35 se decidió cambiar aleatoriamente los parámetros Wiedmman ax, bdd y bmul con la finalidad de asemejar el comportamiento simulado a la realidad de la intersección. En base a los resultados simulados en la fila 11 y 18 se aproximan al tiempo de demora promedio del cruce vial y se calculó la muestra de la intersección.

Ecuación 31: Fórmula de Muestra

$$N_1 = \frac{\frac{z^2 * p(1-p)}{e^2}}{1 + \left(\frac{z^2 * p(1-p)}{e^2 N}\right)} \quad (5.2.33)$$

Donde:

Z = Nivel de Confianza

P = Probabilidad de éxito

E = Margen de error

N = Tamaño de la población

z	P	e	N	N1
1.96	0.5	0.05	1822	318

Tabla 36. Parámetros de Muestra Av. Tomás Marsano. Fuente: (Propia)

Nivel de Confianza deseado	Puntuación Z
80%	1.28
85%	1.44
90%	1.65
95%	1.96
99%	2.58

Tabla 37. Nivel de Confianza

- Intento 11 (ax=1, bdd=2.25, bmul=3.75)

T(α/2)	X1	X2	N1	N2	S1	S2	Margen de Error	Nivel de Confianza	GDL
1.96	3.71	3.71	318	15	0.96	0.53	0.25	0.95	333

Tabla 38. Intento 11 - Parámetros Estadísticos Av. Tomás Marsano. Fuente: (Propia)

De los valores de la tabla anterior el resultado de corridas del número de corridas fue 18, lo indica que 15 corridas no son suficientes. Por tal motivo, la hipótesis es considerada falsa. Paralelamente se optó por trabajar con otro valor cercano (fila 18) y se volvió a usar la metodología para validar el resultado.

- Intento 18 (ax=1, bdd=3, bmul=4)

T($\alpha/2$)	X1	X2	N1	N2	S1	S2	Margen de Error	Nivel de Confianza	GDL
1.96	3.71	3.70	318	15	0.96	0.47	0.25	0.95	333

Tabla 39. Intento 18 - Parámetros Estadísticos Av. Tomás Marsano. Fuente: (Propia)

Con los valores de la tabla el número de corridas fue de 14 ello indica que la hipótesis es válida.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$X_1 - X_2$	$N_1 - 1$	$N_2 - 1$	$N_1 + N_2$	S_1^2	S_2^2	$1/N_1$	$1/N_2$	$1/N_1 + 1/N_2$	$(N_1 - 1) \times S_1^2 + (N_2 - 1) \times S_2^2$
0.01	317	14	333	0.93	0.22	0.00	0.07	0.07	297.64

11	12	13	14	15	16
$(N_1 - 1) \times S_1^2$	S_P^2	$\sqrt{((1/N_1 + 1/N_2) \times S_P^2)}$	Expresión "13" $\times t_{\alpha/2}$	Extremo negativo: "1" - "14"	Extremo positivo: "1" + "14"
294.58	0.90	0.25	0.49	-0.48	0.50

Tabla 40. Resultados obtenidos para la validación del modelo Av. Tomás Marsano. Fuente: (Propia)

La hipótesis nula se acepta, debido a que el intervalo de confianza contiene el valor numérico CERO, como se observa en la tabla el extremo negativo es -0.48 y el positivo 0.50.

Por tal motivo se acepta la hipótesis.

A continuación, se mostrarán los procesos para la calibración de la simulación de la intersección Av. Angamos con Av. Aviación

Intento	Parámetros			PTV VISSIM 9.0		CAMPO	
	Ax	Bdd	bmul	Media	Desviación	Media	Desviación
1	2	2	3	10.62	0.31	8.61	0.89
2	1	3	4	9.77	0.34	8.61	0.89
3	1	2	4	11.82	0.22	8.61	0.89
4	1	2	2	8.78	0.49	8.61	0.89
5	1	2.5	2	10.69	0.32	8.61	0.89
6	1	1.5	2.5	9.42	0.45	8.61	0.89
7	1	1.5	2.3	8.74	0.44	8.61	0.89
8	1	1.25	2.5	9.19	0.46	8.61	0.89
9	1	1.4	2.4	8.58	0.52	8.61	0.89
10	1	1.6	2.5	8.95	0.45	8.61	0.89
11	1	1.5	2.6	8.65	0.47	8.61	0.89
12	1	1.4	2.6	8.82	0.52	8.61	0.89
13	1	1.5	2.7	8.95	0.44	8.61	0.89
14	1	1.5	2.55	8.63	0.49	8.61	0.89
15	1	1.5	2.51	9.42	0.48	8.61	0.89
16	1	1.5	2.53	8.65	0.50	8.61	0.89
17	1	1.4	2.53	8.59	0.54	8.61	0.89
18	1	1.41	2.53	8.75	0.45	8.61	0.89
19	1	1.39	2.53	11.90	0.37	8.61	0.89
20	0.5	1.5	2.5	10.28	0.47	8.61	0.89

Tabla 41. Parámetros de Calibración Av. Aviación. Fuente: (Propia)

La tabla anterior muestra la media muestral y la desviación estándar de cada intento en el programa y la adquirida en campo de la intersección compuesta por la Av. Angamos Este y Av. Aviación. El intento 14 con los parámetros $ax = 1$, $bdd = 1.5$ y $bmul = 2.5$ y el intento 17 con los parámetros $ax = 1$, $bdd = 1.4$ y $bmul = 2.53$ fueron escogidos a partir de los resultados anteriores. Subsiguientemente, se realizó un siguiente análisis estadístico a fin de verificar el intento más adecuado para determinar la calibración de la simulación. Para este análisis se presenta la hipótesis nula $u_1 = u_2$ y debe cumplir con la condición requerida para su aprobación.

z	p	e	N	N1
1.96	0.5	0.05	1939	321

Tabla 42. Parámetros de Muestra Av. Aviación. Fuente: (Propia)

Debido a que el nivel de confiabilidad del análisis es de 95%, el valor de puntuación es de 1.96. Se utilizó para calcular el tamaño de la muestra, que, en este caso fue 321, basándose en el tamaño de la población, 1939 vehículos, es decir la cantidad de vehículos que pasan por el tramo evaluado durante la hora especificada.

Posteriormente, se hallaron los parámetros estadísticos de los dos intentos escogidos para calcular el número de corridas necesarias para la calibración, las cuales deben ser menor o igual a la cantidad de corridas realizadas previamente en el programa, en este caso 15 corridas. Primero se llevó a cabo el proceso para el intento 14.

T($\alpha/2$)	X1	X2	N1	N2	S1	S2	Margen de Error	Nivel de Confianza	GDL
1.96	8.61	8.63	321	15	0.89	0.49	0.25	0.95	336

Tabla 43. Intento 14 - Parámetros Estadísticos Av. Aviación. Fuente: (Propia)

En este caso, el resultado fue 15 corridas, por lo tanto, la hipótesis es válida. A continuación, se desarrolló el mismo proceso para el intento 17.

T($\alpha/2$)	X1	X2	N1	N2	S1	S2	Margen de Error	Nivel de Confianza	GDL
1.96	8.61	8.59	321	15	0.89	0.54	0.25	0.95	336

Tabla 44. Intento 17 - Parámetros Estadísticos Av. Aviación. Fuente: (Propia)

Sin embargo, para este intento el número de corridas fue 18, mayor a 15, por lo tanto, la hipótesis es falsa en esta situación. Luego se utilizó el intento válido, es decir el intento 14, para verificar si la condición cumplía.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$X_1 - X_2$	$N_1 - 1$	$N_2 - 1$	$N_1 + N_2$	S_1^2	S_2^2	$1/N_1$	$1/N_2$	$1/N_1 + 1/N_2$	$(N_1 - 1) \times S_1^2 + (N_2 - 1) \times S_2^2$
0.02	320	14	336	0.79	0.29	0.00	0.07	0.07	257.55

11	12	13	14	15	16
$(N_1 - 1) \times S_1^2$	S_p^2	$\sqrt{((1/N_1 + 1/N_2) \times S_p^2)}$	Expresión "13" x ta/2	Extremo negativo: "1"- "14"	Extremo positivo: "1" + "14"
253.47	0.77	0.23	0.45	-0.43	0.47

Tabla 45. Resultados obtenidos para la validación del modelo Av. Aviación. Fuente: (Propia)

En consecuencia, de que la hipótesis nula es $u_1 = u_2$, $u_1 - u_2$ tiene el valor de 0. Por lo tanto, al final del proceso se concluyó que la hipótesis nula se acepta, ya que cumple la condición de que " $u_1 - u_2$ " se encuentre dentro del intervalo de -0.435 y 0.475.

Seguidamente se efectuó el mismo procedimiento, pero esta vez se analizó la intersección de Av. Angamos Este con Av. República de Panamá.

Parámetros				PTV VISSIM 9.0		CAMPO	
Intento	Ax	Bdd	bmul	Media	Desviación	Media	Desviación
1	2	2	3	2.50	0.31	3.49	0.93
2	1	2.5	4.5	2.51	0.44	3.49	0.93
3	1	3	4.5	2.49	0.28	3.49	0.93
4	1	1.5	2.5	2.69	0.22	3.49	0.93
5	1	2	5	3.76	0.33	3.49	0.93
6	1	1.15	3	3.50	0.52	3.49	0.93
7	1	1.2	3	3.52	0.47	3.49	0.93
8	1	1.1	3	3.39	0.45	3.49	0.93
9	1	2	4	2.97	0.46	3.49	0.93
10	1	1	4	3.57	0.53	3.49	0.93
11	1	1	3	3.38	0.34	3.49	0.93
12	1	1.15	2.85	3.40	0.48	3.49	0.93
13	1	1.15	2.95	3.41	0.39	3.49	0.93
14	1	1.25	2.85	3.51	0.50	3.49	0.93
15	1	1.15	2.75	3.39	0.45	3.49	0.93
16	1	1.2	2.8	3.40	0.48	3.49	0.93
17	0.5	1.75	3.15	3.12	0.47	3.49	0.93
18	0.5	1.5	3.15	3.58	0.49	3.49	0.93
19	0.5	3	2	3.03	0.48	3.49	0.93
20	0.5	3.5	4	3.68	0.41	3.49	0.93

Tabla 46. Parámetros de Calibración Av. República de Panamá. Fuente: (Propia)

Para el estudio de esta intersección se escogieron en primer lugar los intentos 6 y 14. No obstante, ninguno de los dos cumplió con la hipótesis indicada, por eso se tuvo que utilizar otro intento más, el intento 7.

z	p	e	N	N1
1.96	0.5	0.05	1300	297

Tabla 47. Parámetros de Muestra Av. República de Panamá. Fuente: (Propia)

El tamaño de la población que se empleó para este análisis fue 1300 vehículos y el tamaño de la muestra para este análisis fue 29 vehículos.

T($\alpha/2$)	X1	X2	N1	N2	S1	S2	Margen de Error	Nivel de Confianza	GDL
1.96	3.49	3.50	297	15	0.93	0.52	0.25	0.95	312

Tabla 48. Intento 6 - Parámetros Estadísticos Av. República de Panamá. Fuente: (Propia)

Primero se calculó el número de corridas necesarias para el intento 6 y resultaron 17, mayor a 15 por ende la hipótesis es falsa.

T($\alpha/2$)	X1	X2	N1	N2	S1	S2	Margen de Error	Nivel de Confianza	GDL
1.96	3.49	3.51	297	15	0.93	0.50	0.25	0.95	312

Tabla 49. Intento 7 - Parámetros Estadísticos Av. República de Panamá. Fuente: (Propia)

Después se halló el número corridas necesarias para el intento 14 y resultaron 16, mayor a 15, por lo tanto, la hipótesis en este caso también es falsa. Por ello se decidió tomar el intento con la media muestral más cercana aparte de los anteriores dos y se usó el intento 7.

T($\alpha/2$)	X1	X2	N1	N2	S1	S2	Margen de Error	Nivel de Confianza	GDL
1.96	3.49	3.52	297	15	0.93	0.47	0.25	0.95	312

Tabla 50. Intento 14 - Parámetros Estadísticos Av. República de Panamá. Fuente: (Propia)

La hipótesis fue válida para este intento, debido a que el número de corridas fue 14, es decir fue menor a 15 corridas. Entonces con los valores de los parámetros de este último intento se realizó el siguiente procedimiento para verificar si la condición de la hipótesis se cumple.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$X_1 - X_2$	$N_1 - 1$	$N_2 - 1$	$N_1 + N_2$	S_1^2	S_2^2	$1/N_1$	$1/N_2$	$1/N_1 + 1/N_2$	$(N_1 - 1) \times S_1^2 + (N_2 - 1) \times S_2^2$
-0.03	296	14	312	0.86	0.22	0.00	0.07	0.07	259.10

11	12	13	14	15	16
$(N_1 - 1) \times S_1^2$	S_p^2	$\sqrt{((1/N_1 + 1/N_2) \times S_p^2)}$	Expresión "13" x ta/2	Extremo negativo: "1"- "14"	Extremo positivo: "1" + "14"
256.01	0.84	0.24	0.47	-0.50	0.44

Tabla 51. Resultados obtenidos para la validación del modelo Av. República de Panamá. Fuente: (Propia)

La hipótesis nula se acepta, ya que el cero se encuentra dentro intervalo de confianza, es decir, entre -0.504 y 0.444.

5.2.2. Validación del modelo

La segunda etapa de la elaboración del modelo es validar el sistema mediante el análisis de la simulación del proyecto con otra data de cantidad de vehículos, pero considerando las mismas condiciones que en la evaluación por calibración. La data se adquirió con el aforo vehicular elaborado los días 16, 17 y 18 de julio del 2018.

Para validar el modelo que comprende la avenida Tomás Marsano se usó los registros de aforos de vehículos que circulan en el acceso del Centro Comercial Open Plaza en el horario de 2:00 pm a 3:00 pm

Corrida	Tiempo de Espera
1	3.99
2	4.39
3	3.95
4	4.39
5	4.09
6	3.93
7	4.09
8	4.39
9	4.13
10	4.21
11	4.17
12	4.81
13	4.01
14	4.42
15	4.48
Media	4.23
Desviación	0.21

Tabla 52. Simulación para la validación del Modelo Av. Tomás Marsano. Fuente: (Propia)

La anterior tabla presenta los resultados de la simulación con el número de vehículos total de 2032 (Ver anexos 16-32), se emplearon los parámetros de Wiedman $a_x=1$, $b_{dd}=3$, $b_{mul}=4$, provenientes de la hipótesis valida elaborada en la calibración. El valor de tiempo de espera obtenido durante el trabajo de campo fue de 4.24 y la desviación estándar de 0.89.

Por último, se verificó los resultados con el análisis de la hipótesis nula con los siguientes valores:

$T(\alpha/2)$	X1	X2	N1	N2	S1	S2	Margen de Error	Nivel de Confianza	GDL
1.96	3.71	3.70	324	15	0.89	0.21	0.25	0.95	339

Tabla 53. Parámetros Estadísticos para la validación del modelo Av. Tomás Marsano. Fuente: (Propia)

Se confirmó que el número de corridas (15) es suficiente con la siguiente fórmula: $N^o =$

$$\left(\frac{1.96 \times 0.21}{0.25}\right)^2 = 2.71$$

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$X_1 - X_2$	$N_1 - 1$	$N_2 - 1$	$N_1 + N_2$	S_1^2	S_2^2	$1/N_1$	$1/N_2$	$1/N_1 + 1/N_2$	$(N_1 - 1) \times S_1^2 + (N_2 - 1) \times S_2^2$
0.01	323	14	339	0.79	0.04	0.00	0.07	0.07	256.47

11	12	13	14	15	16
$(N_1 - 1) \times S_1^2$	S_P^2	$\sqrt{((1/N_1 + 1/N_2)) \times S_P^2}$	Expresión "13" x ta/2	Extremo negativo: "1" - "14"	Extremo positivo: "1" + "14"
255.85	0.76	0.23	0.45	-0.44	0.46

Tabla 54. Resultados - Validación del modelo Av. Tomás Marsano. Fuente: (Propia)

Los resultados de la hipótesis nula ($u_1 - u_2$) se encuentran entre los valores de -0.44 y 0.46, se puede afirmar que la hipótesis es válida, ya que el intervalo comprende el valor numérico cero. Por ello, se puede inferir que el modelamiento ha sido validado y se puede continuar con el procedimiento de la metodología *Ramp Metering*.

De igual manera, para la intersección de la Av. Aviación y Av. Angamos se vuelve a modelar el acceso Central de Bicicletas y se valida el modelo con la información de los vehículos que transitan en el horario de 1:00 p.m. hasta 2:00 p.m. Esta información se encuentra en los aforos vehiculares realizados.

Corrida	Tiempo de Espera
1	7.78
2	8.6
3	7.83
4	7.86
5	8.61
6	8.12
7	8.53
8	7.84
9	8.47
10	8.24
11	8.42
12	8.09
13	8.58
14	8.44
15	8.01
Media	8.23
Desviación	0.31

Tabla 55. Simulación para la validación del Modelo Av. Aviación. Fuente: (Propia)

La Tabla 55 presenta los tiempos de espera de las 15 corridas realizadas para la validación del modelo de esta intersección. Los resultados en campo fueron una media de 8.26 segundos y una desviación estándar de 0.98, mientras que los valores obtenidos en el programa Vissim se observan en la tabla anterior, con una media de 8.23 segundos y una desviación estándar 0.31.

Se verificó los resultados mediante el análisis de hipótesis nula con los siguientes valores estadísticos:

T($\alpha/2$)	X1	X2	N1	N2	S1	S2	Margen de Error	Nivel de Confianza	GDL
1.96	8.26	8.23	323	15	0.98	0.31	0.25	0.95	338

Tabla 56. Parámetros Estadísticos para la validación del modelo Av. Aviación. Fuente: (Propia)

En seguida, se confirmó que el número de corridas (15 corridas) eran suficientes con la

siguiente fórmula. $N^o = \left(\frac{1.96 \times 0.31}{0.25}\right)^2 = 5.91$

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$X_1 - X_2$	$N_1 - 1$	$N_2 - 1$	$N_1 + N_2$	S_1^2	S_2^2	$1/N_1$	$1/N_2$	$1/N_1 + 1/N_2$	$(N_1 - 1) \times S_1^2 + (N_2 - 1) \times S_2^2$
0.03	322	14	338	0.96	0.10	0.00	0.07	0.07	310.59

11	12	13	14	15	16
$(N_1 - 1) \times S_1^2$	S_P^2	$\sqrt{((1/N_1 + 1/N_2) \times S_P^2)}$	Expresión "13" x ta/2	Extremo negativo: "1" - "14"	Extremo positivo: "1" + "14"
309.25	0.92	0.25	0.50	-0.47	0.53

Tabla 57. Resultados - Validación del modelo Av. Aviación. Fuente: (Propia)

Los resultados de la hipótesis nula ($u_1 - u_2$) se encuentran entre los valores de -0.47 y 0.53, se puede afirmar que la hipótesis es válida, ya que el intervalo comprende el valor numérico cero. Por ello, se puede inferir que el modelamiento ha sido validado y se puede continuar con el procedimiento de la metodología *Ramp Metering*.

Del mismo modo, se modela el acceso Maestro de la Av. República de Panamá y Av. Angamos a fin de validar este modelo con la información de los vehículos que transitan en el horario de 1:15 p.m. hasta 2:15 p.m., presentados en los aforos vehiculares elaborados.

Corrida	Tiempo de Espera
1	3.71
2	3.2
3	3.22
4	3.2
5	3.21
6	3.12
7	3.14
8	3.63
9	3.41
10	3.54
11	3.16
12	3.48
13	3.84
14	3.66
15	3.48
Media	3.40
Desviación	0.24

Tabla 58. Simulación para la validación del Modelo Av. República de Panamá. Fuente: (Propia)

La Tabla 58 muestra los tiempos de espera de las 15 corridas realizadas para la validación del modelo de la intersección comprendida por la Av. República de Panamá. Los resultados en campo fueron una media de 3.42 segundos y una desviación estándar de 0.91, mientras que los valores obtenidos en el programa Vissim se observan en la tabla previa, con una media de 3.40 segundos y una desviación estándar 0.24.

Se verificó los resultados mediante el análisis de hipótesis nula con los siguientes valores estadísticos:

T($\alpha/2$)	X1	X2	N1	N2	S1	S2	Margen de Error	Nivel de Confianza	GDL
1.96	3.42	3.40	306	15	0.91	0.24	0.25	0.95	321

Tabla 59. Parámetros Estadísticos para la validación del modelo Av. República de Panamá. Fuente:

(Propia)

A continuación, se confirmó que el número de corridas (15 corridas) eran suficientes con la siguiente fórmula. $N^e = \left(\frac{1.96 \times 0.24}{0.25}\right)^2 = 3.54$

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$X_1 - X_2$	$N_1 - 1$	$N_2 - 1$	$N_1 + N_2$	S_1^2	S_2^2	$1/N_1$	$1/N_2$	$1/N_1 + 1/N_2$	$(N_1 - 1) \times S_1^2 + (N_2 - 1) \times S_2^2$
0.02	305	14	321	0.83	0.06	0.00	0.07	0.07	253.38

11	12	13	14	15	16
$(N_1 - 1) \times S_1^2$	S_P^2	$\sqrt{((1/N_1 + 1/N_2) \times S_P^2)}$	Expresión "13" $\times t_{\alpha/2}$	Extremo negativo: "1" - "14"	Extremo positivo: "1" + "14"
252.57	0.79	0.24	0.46	-0.44	0.48

Tabla 60. Resultados - Validación del modelo Av. República de Panamá. Fuente: (Propia)

Los resultados de la hipótesis nula ($u_1 - u_2$) se encuentran entre los valores de -0.44 y 0.48, se puede afirmar que la hipótesis es válida, ya que el intervalo comprende el valor numérico cero. Por ello, se puede inferir que el modelamiento ha sido validado y se puede continuar con el procedimiento de la metodología *Ramp Metering*.

5.2.3. Elaboración del modelo

Una vez que estas medidas se asemejaron a las alcanzadas por el programa Vissim, se pasó a realizar la simulación con el nuevo flujo vehicular del acceso secundario y con tiempo de verde efectivo obtenidos por las ecuaciones del algoritmo ALINEA con la metodología de *Ramp Metering*, el cual fue de 53 segundos. Se emplearon diferentes variables para simular el proceso de tránsito lo más cercano a la realidad, ya que se utilizaron parámetros como el modelo estocástico para representar el comportamiento agresivo de los usuarios al transitar con vehículos o sin ellos las intersecciones. De igual manera, se usó el parámetro de seguimiento vehicular con el cual los vehículos dejan espacios reducidos entre cada uno y no permiten el tráfico uniforme y ordenado en las vías.

Figura 77. Resultados de la simulación Av. Angamos Este con Av. Aviación. (Fuente: Propia)

Posteriormente, se planteó restringir movimientos en los carriles que no respetan la señalización horizontal ya establecida en las intersecciones. Es decir, se creó una situación donde el flujo vehicular obedezca los parámetros de circulación indicados, a su vez en el caso del cruce Av. Angamos Este con Av. República de Panamá se eliminó los paraderos no

autorizados. De igual manera, se redujo la frecuencia de buses que se detienen en el acceso Primax – Oeste, con la finalidad de simular una realidad donde se respete la localización del paradero y el tiempo para subir a las unidades de transporte público. Por otro lado, en el diseño propuesto se omitió los giros hacia la izquierda para la avenida República de Panamá por dos motivos. El primero basado en la poca cantidad de vehículos que realizan dicho movimiento y el segundo con la finalidad de disminuir los conflictos existentes, dentro de la propuesta planteada se introduce un desvío para los vehículos que giren hacia la izquierda.

Figura 78. Desvío Av. República de Panamá. (Fuente: Propia)

La ruta trazada de color rojo indica el recorrido por realizar para los vehículos que deseen doblar hacia la izquierda en la Av. República de Panamá, comprende girar en la calle Carmen y de ahí en Av. San Pedro. En dirección al Oeste la ruta indica doblar en Domingo Elías y una cuadra después en San Lorenzo.

Figura 79. Vías empleadas para el desvío. (Fuente: Propia)

En la figura 79 se muestran las calles que se utilizaron para el desvío. En la foto de la izquierda se observa la Calle Carmen, en el medio la Av. San Pedro y en la derecha Av. Domingo Elías. En base a los parámetros de velocidad y volumen de servicio, indicados en el Manual 2005 VCHI de Diseño Geométrico de Vías Urbanas, se realizó el análisis de las avenidas y calles que comprende el desvío con la finalidad de verificar que el nivel de servicio sea permisible para incrementar el número de vehículos que circulen por dichas vías. Según el análisis vías Av. San Pedro, Calle Carmen, Domingo Elías y San Lorenzo tiene un nivel de servicio A (Ver Anexos), por lo tanto, el desvío planificado resulta oportuno. (VCHI S.A., 2005)

Por otro lado, según los artículos investigados la metodología *Ramp Metering* tiene como fundamento encontrar brechas, es decir, espacios donde exista una diferencia longitudinal entre vehículos para permitir el ingreso de automóviles provenientes del acceso secundario. En tal efecto se consideró los tiempos de verde efectivo calculando previamente con el algoritmo ALINEA para el modelamiento de las intersecciones. Además, se empleó el aforo vehicular y peatonal del horario promedio, ya que es necesario la existencia de brechas para el correcto funcionamiento de la metodología. La hora modelada para República de Panamá comprende entre las 11:15 y 12:15, en el caso de Tomás Marsano de 11:30 a 12:30 y en Av.

Aviación 10:00 a 11:00.

Asimismo, es importante considerar el flujo de vehicular existente en las intersecciones que comprenden el desvío propuesto. Para lograr dicho efecto se realizó trabajo en campo donde la finalidad es analizar el nivel de servicio cualitativamente, provenientes del Manual HCM 2010. En el caso de la Av. Domingo Elías y San Pedro se ha considerado un nivel de servicio A, ya que los vehículos no se ven afectados por algún interruptor en la corriente de tránsito. De igual manera, sucede en calle Carmen y San Lorenzo, donde al presentar un flujo vehicular mínimo no es necesario la aplicación de una red de semáforos, por tal motivo el nivel de servicio estimado es A.

Continuando, el modelamiento de la propuesta se consideró reducir el tiempo que se manifiestan los buses, puesto que la intersección que comprende República de Panamá no presenta paraderos autorizados. Asimismo, el acceso MiFarma – Oeste, cuenta un paradero ubicado 5 metros antes de llegar al semáforo, no obstante, se modelo para simular una mínima situación de vehículos que detienen a recoger o dejar pasajeros al finalizar la vía.

Figura 80. Ciclo de semáforo Av. República de Panamá – Propuesta. (Fuente: Propia)

El ciclo de semáforo comprende a los accesos Oeste y Este en una sola fase donde el flujo vehicular solo puede realizar el giro en dirección a la derecha y circular de frente. La segunda

fase permite al acceso Norte cruzar la intersección, los automóviles que giran hacia la izquierda en el acceso Oeste se acoplan a la vía secundaria. En la tercera fase se introduce el flujo vehicular con movimiento hacia la izquierda proveniente del acceso Este, mientras el semáforo permite circular a los automóviles del Sur.

Figura 81. Ciclo de semáforo Av. Tomás Marsano – Propuesta. (Fuente: Propia)

La estructura del ciclo del semáforo en Av. Tomás Marsano considera tres fases, el acceso Este y Oeste son independientes y el sentido Norte – Sur son agrupados en una sola. Al igual que en la intersección previamente explicada la duración de ámbar son 3 segundos, el verde efectivo para las dos primeras fases es de 58 segundos y en la tercera 35.

Figura 82. Ciclo de semáforo Av. Aviación – Propuesta

El diagrama de semáforos de la intersección de la Av. Aviación, mostrado en la figura 85, considera tres fases, el acceso Este y Oeste son independientes y el sentido Norte – Sur son agrupados en una sola. Existen semáforos en los accesos Norte y Sur de solo giro a la izquierda que se activa el verde efectivo durante los accesos Oeste y Este, respectivamente. El ámbar dura 4 segundos en esta intersección. Además, el verde efectivo para la primera fase es 56 segundos, para la segunda es 41 segundos y 51 segundos para la tercera 35.

A continuación, se presentan las vistas en planta de la simulación realizada con el programa VISSIM 9.0 PTV que personifican la nueva situación por analizar en las intersecciones previamente señaladas.

- Av. Angamos Este con Av. Tomás Marsano - Propuesta

Figura 83. Simulación 3D Av. Tomás Marsano. (Fuente: Propia)

- Av. Angamos Este con Av. República de Panamá – Propuesta

Figura 84. Simulación 3D Av. República de Panamá – Propuesta Fase 2. (Fuente: Propia)

6. CÁLCULO DEL GRADO DE SATURACIÓN CON VISSIM

6.1. Cálculo del headway y flujo de saturación

Como parte de la metodología propuesta, se calculó el grado de saturación de las intersecciones empleando el micro simulador VISSIM. Los intervalos analizados son cada 15 minutos y en los siguientes horarios, para la Av. República de Panamá comprende de 11:15 y 12:15, en el caso de la Av. Tomás Marsano de 11:30 a 12:30 y en Av. Aviación 10:00 a 11:00. A continuación, se detallará el proceso realizado.

En principio, para calcular la demanda existente en los horarios anteriormente indicados, se contabilizó en VISSIM el número de vehículos por carril que atravesaban los accesos de las intersecciones analizadas. Por otro lado, para determinar el flujo de saturación se emplearon las siguientes fórmulas.

Ecuación 32: Flujo de Saturación

$$s = \frac{3600}{h_s} \quad (6.1.34)$$

Fuente: (Bester & Meyers, 2007)

Donde:

S: Flujo de Saturación

h_s: Saturación Headway

Ecuación 33: Saturación Headway

$$h_s = \frac{\sum_{(j=n)}^l h_j}{(l + 1 + n)} = \frac{(h_7 + h_8 + h_9 + h_{10} + h_{11} + h_{12})}{(12 + 1 - 7)} \quad (6.1.35)$$

Fuente: (Bester & Meyers, 2007)

h_s: Saturación Headway

l: último vehículo en la cola

h_j: headway en la posición “j” del vehículo

n: posición del vehículo donde comenzó el flujo de saturación

Según el libro Traffic Control Systems Handbook: Chapter 3. Control Concepts de la entidad gubernamental Federal Highway Administration, se define headway como el espacio de tiempo entre el frente de vehículos sucesivos.

Figura 85. Descripción Headway (FHWA, 2017)

Por tal motivo, para determinar el flujo de saturación, primero se calculó el tiempo que demora un vehículo predecesor pasar por el mismo punto que el vehículo líder. Para ello se estableció como punto de referencia la ubicación de los semáforos de cada acceso en VISSIM. Asimismo, se realizó la medición a partir del séptimo vehículo y como lo indica el artículo Saturation Flow Rates de los investigadores C. Bester y L. Meyers sólo se contabilizó hasta el décimo segundo vehículo.

Adicionalmente, para calcular la capacidad vehicular se multiplicó el flujo de saturación con el verde efectivo y la longitud del ciclo de los semáforos existentes. Finalmente, la demanda vehicular se dividió entre la operación numérica mencionada con anterioridad.

6.2. Cálculo del grado de saturación

A continuación, se mostrará el cálculo de los grados de saturación de cada carril por acceso. El cálculo varía por intervalos de tiempo, los cuales tuvieron una duración de 15 minutos cada uno en esta investigación. En primer lugar, se desarrolló el procedimiento para la situación actual de la intersección de la Av. Angamos Este con Av. República de Panamá, para luego llevar a cabo la propuesta de mejora de esa intersección.

Fase	Acceso	Carril	Headway seg/veh	S (flujo de saturación veh/h)	G (verde efectivo)	C (ciclo de semáforo)	Q (oferta vehicular)	q (Demanda vehicular veh/h)	Xi (Grado de Saturación)
Fase 1	Oeste	1	6.71	536.51	87	160	292	418	1.43
		2	3.39	1061.95	87	160	577	789	1.37
		3	4.68	769.23	87	160	418	520	1.24
	Este	1	6.87	524.02	87	160	285	347	1.22
		2	3.26	1104.29	87	160	600	736	1.23
		3	4.42	814.48	87	160	443	448	1.01
Fase 2	Norte	1	6.54	550.46	65	160	224	301	1.35
		2	4.57	787.75	65	160	320	426	1.33
	Sur	1	4.93	730.22	65	160	297	295	0.99
		2	3.47	1037.46	65	160	421	434	1.03

Tabla 61. Grado de Saturación Existente Av. República de Panamá (11:15 – 11:30). Fuente: Propia

Fase	Acceso	Carril	Headway seg/veh	S (flujo de saturación veh/h)	G (verde efectivo)	C (ciclo de semáforo)	Q (oferta vehicular)	q (Demanda vehicular veh/h)	Xi (Grado de Saturación)
Fase 1	Oeste	1	6.54	550.46	87	160	299	357	1.19
		2	2.89	1245.67	87	160	677	754	1.11
		3	3.93	916.03	87	160	498	496	1.00
	Este	1	6.53	551.30	87	160	300	332	1.11
		2	2.75	1309.09	87	160	712	718	1.01
		3	3.71	970.35	87	160	528	422	0.80
Fase 2	Norte	1	5.48	656.93	65	160	267	284	1.06
		2	3.84	937.50	65	160	381	402	1.06
	Sur	1	4.13	871.67	65	160	354	284	0.80
		2	2.92	1232.88	65	160	501	413	0.82

Tabla 62. Grado de Saturación Existente Av. República de Panamá (11:30 – 11:45). Fuente: Propia

Fase	Acceso	Carril	Headway seg/veh	S (flujo de saturación veh/h)	G (verde efectivo)	C (ciclo de semáforo)	Q (oferta vehicular)	q (Demanda vehicular veh/h)	Xi (Grado de Saturación)
Fase 1	Oeste	1	6.72	535.71	87	160	291	378	1.30
		2	3.37	1068.25	87	160	581	766	1.32
		3	4.59	784.31	87	160	426	509	1.19
	Este	1	6.26	575.08	87	160	313	346	1.11
		2	3.2	1125.00	87	160	612	748	1.22
		3	4.33	831.41	87	160	452	440	0.97
Fase 2	Norte	1	6.41	561.62	65	160	228	341	1.49
		2	4.48	803.57	65	160	326	497	1.52
	Sur	1	4.83	745.34	65	160	303	319	1.05
		2	3.4	1058.82	65	160	430	464	1.08

Tabla 63. Grado de Saturación Existente Av. República de Panamá (11:45 – 12:00). Fuente: Propia

Fase	Acceso	Carril	Headway seg/veh	S (flujo de saturación veh/h)	G (verde efectivo)	C (ciclo de semáforo)	Q (oferta vehicular)	q (Demanda vehicular veh/h)	Xi (Grado de Saturación)
Fase 1	Oeste	1	6.21	579.71	87	160	315	365	1.16
		2	3.25	1107.69	87	160	602	754	1.25
		3	4.42	814.48	87	160	443	506	1.14
	Este	1	6.08	592.11	87	160	322	338	1.05
		2	3.08	1168.83	87	160	636	731	1.15
		3	4.17	863.31	87	160	469	417	0.89
Fase 2	Norte	1	6.17	583.47	65	160	237	267	1.13
		2	4.31	835.27	65	160	339	389	1.15
	Sur	1	4.65	774.19	65	160	315	312	0.99
		2	3.27	1100.92	65	160	447	453	1.01

Tabla 64. Grado de Saturación Existente Av. República de Panamá (12:00 – 12:15). Fuente: Propia

Posterior al desarrollo de la intersección de Av. República de Panamá, se realizó el mismo procedimiento para hallar los grados de saturación para la intersección de las Av. Angamos Este y Av. Tomás Marsano.

Fase	Acceso	Carril	Headway seg/veh	S (flujo de saturación veh/h)	G (verde efectivo)	C (ciclo de semáforo)	Q (oferta vehicular)	q (Demanda vehicular veh/h)	Xi (Grado de Saturación)
Fase 1	Oeste	2	4.12	873.79	60	160	328	460	1.40
		3	4.14	869.57	60	160	326	380	1.17
	Este	2	4.17	863.31	60	160	324	468	1.45
		3	5.13	701.75	60	160	263	415	1.58
		4	3.55	1014.08	60	160	380	363	0.95
Fase 2	Sur	5	4.47	805.37	60	160	302	299	0.99
		1	4.12	873.79	39	160	213	206	0.97
		2	3.89	925.45	39	160	226	339	1.50
		3	4.13	871.67	39	160	212	379	1.78
		4	4.38	821.92	39	160	200	291	1.45
Fase 3	Norte	5	4.01	897.76	39	160	219	364	1.66
		1	4.81	748.44	35	160	164	290	1.77
		2	4.04	891.09	35	160	195	231	1.19
		3	4.13	871.67	35	160	191	346	1.81
		4	4.27	843.09	35	160	184	310	1.68
Fase 4	Oeste	5	4.06	886.70	35	160	194	238	1.23
		1	4.35	827.59	14	160	72	80	1.10
		Este	1	4.79	751.57	14	160	66	1.03

Tabla 65. Grado de Saturación Existente Av. Tomás Marsano (11:30 – 11:45). Fuente: Propia

Fase	Acceso	Carril	Headway seg/veh	S (flujo de saturación veh/h)	G (verde efectivo)	C (ciclo de semáforo)	Q (oferta vehicular)	q (Demanda vehicular veh/h)	Xi (Grado de Saturación)
Fase 1	Oeste	2	3.72	967.74	60	160	363	433	1.19
		3	4.41	816.33	60	160	306	349	1.14
	Este	2	4.56	789.47	60	160	296	414	1.40
		3	5.3	679.25	60	160	255	421	1.65
		4	5.32	676.69	60	160	254	342	1.35
		5	4.11	875.91	60	160	328	336	1.02
Fase 2	Sur	1	4.18	861.24	39	160	210	238	1.13
		2	4.72	762.71	39	160	186	315	1.69
		3	4.54	792.95	39	160	193	318	1.65
		4	4.24	849.06	39	160	207	324	1.57
		5	4.45	808.99	39	160	197	335	1.70
Fase 3	Norte	1	4.83	745.34	35	160	163	273	1.67
		2	4.87	739.22	35	160	162	199	1.23
		3	4.09	880.20	35	160	193	298	1.55
		4	3.61	997.23	35	160	218	266	1.22
		5	5.22	689.66	35	160	151	205	1.36
Fase 4	Oeste	1	4.35	827.59	14	160	72	73	1.01
	Este	1	4.96	725.81	14	160	64	62	0.98

Tabla 66. Grado de Saturación Existente Av. Tomás Marsano (11:45 – 12:00). Fuente: Propia

Fase	Acceso	Carril	Headway seg/veh	S (flujo de saturación veh/h)	G (verde efectivo)	C (ciclo de semáforo)	Q (oferta vehicular)	q (Demanda vehicular veh/h)	Xi (Grado de Saturación)
Fase 1	Oeste	2	4.8	750.00	60	160	281	485	1.72
		3	3.73	965.15	60	160	362	415	1.15
	Este	2	3.59	1002.79	60	160	376	498	1.32
		3	4.19	859.19	60	160	322	459	1.42
		4	3.91	920.72	60	160	345	373	1.08
		5	4.18	861.24	60	160	323	305	0.94
Fase 2	Sur	1	3.34	1077.84	39	160	263	244	0.93
		2	3.43	1049.56	39	160	256	369	1.44
		3	4.24	849.06	39	160	207	329	1.59
		4	4.45	808.99	39	160	197	297	1.51
		5	4.58	786.03	39	160	192	242	1.26
Fase 3	Norte	1	5.38	669.14	35	160	146	199	1.36
		2	4.25	847.06	35	160	185	242	1.31
		3	3.45	1043.48	35	160	228	363	1.59
		4	4.35	827.59	35	160	181	325	1.80
		5	3.57	1008.40	35	160	221	251	1.14
Fase 4	Oeste	1	4.87	739.22	14	160	65	75	1.16
	Este	1	4.96	725.81	14	160	64	71	1.12

Tabla 67. Grado de Saturación Existente Av. Tomás Marsano (12:00 – 12:15). Fuente: Propia

Fase	Acceso	Carril	Headway seg/veh	S (flujo de saturación veh/h)	G (verde efectivo)	C (ciclo de semáforo)	Q (oferta vehicular)	q (Demanda vehicular veh/h)	Xi (Grado de Saturación)
Fase 1	Oeste	2	4.63	777.54	60	160	292	422	1.45
		3	4.97	724.35	60	160	272	386	1.42
	Este	2	5.12	703.13	60	160	264	459	1.74
		3	4.2	857.14	60	160	321	486	1.51
		4	3.66	983.61	60	160	369	394	1.07
		5	4.42	814.48	60	160	305	323	1.06
Fase 2	Sur	1	5.53	650.99	39	160	159	262	1.65
		2	3.22	1118.01	39	160	273	452	1.66
		3	4.2	857.14	39	160	209	354	1.69
		4	4.44	810.81	39	160	198	344	1.74
		5	5.48	656.93	39	160	160	282	1.76
Fase 3	Norte	1	3.06	1176.47	35	160	257	300	1.17
		2	5.06	711.46	35	160	156	245	1.57
		3	3.71	970.35	35	160	212	368	1.73
		4	3.68	978.26	35	160	214	328	1.53
		5	5.25	685.71	35	160	150	253	1.69
Fase 4	Oeste	1	5.25	685.71	14	160	60	80	1.33
	Este	1	4.89	736.20	14	160	64	77	1.20

Tabla 68. Grado de Saturación Existente Av. Tomás Marsano (12:15 – 12:30). Fuente: Propia

Para la intersección de las Av. Angamos Este y Av. Aviación se llevó a cabo el mismo procedimiento.

Fase	Acceso	Carril	Headway seg/veh	S (flujo de saturación veh/h)	G (verde efectivo)	C (ciclo de semáforo)	Q (oferta vehicular)	q (Demanda vehicular veh/h)	Xi (Grado de Saturación)
Fase 1	Oeste	1	3.82	943.15	90	160	531	593	1.12
		2	3.28	1098.23	90	160	618	763	1.24
		3	4.38	822.29	90	160	463	905	1.96
		4	3.84	937.74	90	160	527	487	0.92
	Este	1	3.91	920.72	90	160	518	496	0.96
		2	3.34	1076.56	90	160	606	589	0.97
Fase 2	Oeste	1	3.03	1190.08	17	160	126	289	2.29
	Este	1	4.06	886.92	17	160	94	155	1.64
		2	3.17	1135.65	17	160	121	239	1.98
Fase 3	Sur	1	4.00	899.10	60	160	337	342	1.01
		2	4.31	834.88	60	160	313	311	0.99
		3	3.99	901.58	60	160	338	367	1.09
		4	3.91	921.90	60	160	346	319	0.92
	Norte	1	3.45	1042.27	60	160	391	457	1.17
		2	3.27	1101.93	60	160	413	751	1.82
		3	3.64	988.74	60	160	371	643	1.73
		4	3.48	1035.67	60	160	388	524	1.35

Tabla 69. Grado de Saturación Existente Av. Aviación (10:00 – 10:15). Fuente: Propia

Fase	Acceso	Carril	Headway seg/veh	S (flujo de saturación veh/h)	G (verde efectivo)	C (ciclo de semáforo)	Q (oferta vehicular)	q (Demanda vehicular veh/h)	Xi (Grado de Saturación)
Fase 1	Oeste	1	3.96	909.09	90	160	511	604	1.18
		2	3.48	1035.67	90	160	583	745	1.28
		3	3.83	940.44	90	160	529	801	1.51
		4	4.15	868.10	90	160	488	457	0.94
	Este	1	3.82	943.15	90	160	531	501	0.94
		2	3.47	1038.96	90	160	584	565	0.97
Fase 2	Oeste	1	3.18	1132.43	17	160	120	279	2.32
	Este	1	4.11	875.06	17	160	93	183	1.97
		2	3.21	1121.50	17	160	119	251	2.11
Fase 3	Sur	1	4.03	894.19	60	160	335	373	1.11
		2	4.24	850.06	60	160	319	315	0.99
		3	4.15	868.10	60	160	326	377	1.16
		4	3.76	956.94	60	160	359	342	0.95
	Norte	1	3.59	1003.90	60	160	376	482	1.28
		2	3.31	1087.28	60	160	408	767	1.88
		3	3.56	1010.10	60	160	379	621	1.64
		4	3.42	1052.32	60	160	395	567	1.44

Tabla 70. Grado de Saturación Existente Av. Aviación (10:15 – 10:30). Fuente: Propia

Fase	Acceso	Carril	Headway seg/veh	S (flujo de saturación veh/h)	G (verde efectivo)	C (ciclo de semáforo)	Q (oferta vehicular)	q (Demanda vehicular veh/h)	Xi (Grado de Saturación)
Fase 1	Oeste	1	3.87	929.75	90	160	523	585	1.12
		2	3.85	935.60	90	160	526	733	1.39
		3	4.13	872.49	90	160	491	762	1.55
		4	4.61	780.89	90	160	439	430	0.98
	Este	1	3.90	923.98	90	160	520	515	0.99
		2	3.71	969.12	90	160	545	541	0.99
Fase 2	Oeste	1	2.98	1209.43	17	160	129	246	1.91
	Este	1	4.06	886.70	17	160	94	174	1.85
		2	3.35	1074.63	17	160	114	226	1.98
Fase 3	Sur	1	4.07	885.48	60	160	332	361	1.09
		2	4.20	857.41	60	160	322	299	0.93
		3	4.37	824.16	60	160	309	374	1.21
		4	4.08	882.85	60	160	331	311	0.94
	Norte	1	3.97	907.08	60	160	340	463	1.36
		2	3.74	962.85	60	160	361	725	2.01
		3	3.97	907.08	60	160	340	630	1.85
		4	3.86	932.67	60	160	350	543	1.55

Tabla 71. Grado de Saturación Existente Av. Aviación (10:30 – 10:45). Fuente: Propia

Fase	Acceso	Carril	Headway seg/veh	S (flujo de saturación veh/h)	G (verde efectivo)	C (ciclo de semáforo)	Q (oferta vehicular)	q (Demanda vehicular veh/h)	Xi (Grado de Saturación)
Fase 1	Oeste	1	3.49	1032.41	90	160	581	566	0.97
		2	3.56	1010.10	90	160	568	726	1.28
		3	3.69	976.93	90	160	550	745	1.36
		4	3.82	943.15	90	160	531	423	0.80
	Este	1	3.48	1035.67	90	160	583	509	0.87
		2	3.40	1059.14	90	160	596	537	0.90
Fase 2	Oeste	1	2.63	1369.34	17	160	145	232	1.59
	Este	1	4.17	863.52	17	160	92	160	1.74
		2	2.44	1474.20	17	160	157	211	1.35
Fase 3	Sur	1	3.75	959.74	60	160	360	329	0.91
		2	4.04	891.75	60	160	334	307	0.92
		3	3.83	940.44	60	160	353	761	2.16
		4	3.78	952.38	60	160	357	359	1.01
	Norte	1	3.59	1003.90	60	160	376	460	1.22
		2	3.38	1066.03	60	160	400	719	1.80
		3	3.43	1048.95	60	160	393	620	1.58
		4	3.74	962.57	60	160	361	536	1.48

Tabla 72. Grado de Saturación Existente Av. Aviación (10:45 – 11:00). Fuente: Propia

Continuando con el proceso para calcular el grado de saturación de la propuesta se trabajó el mismo procedimiento que se empleó para el cálculo del existente. No obstante, la variación radica en el cálculo de los ciclos de semáforo, para ello se emplearon los datos obtenidos del algoritmo ALINEA. A continuación, se detallará la data generada para las intersecciones con el nuevo método planteado.

Propuesta de mejora para la intersección Av. Angamos Este y Av. República de Panamá

Fase	Acceso	Carril	Headway seg/veh	S (flujo de saturación veh/h)	G (verde efectivo)	C (ciclo de semáforo)	Q (oferta vehicular)	q (Demanda vehicular veh/h)	Xi (Grado de Saturación)
Fase 1	Oeste	2	2.29	1572.05	79	160	776	729	0.94
		3	3.76	957.45	79	160	473	473	1.00
	Este	2	2.41	1493.78	79	160	738	671	0.91
		3	3.59	1002.79	79	160	495	408	0.82
Fase 2	Este	1	4.21	855.11	36	160	192	204	1.06
	Norte	1	2.95	1220.34	36	160	275	253	0.92
		2	2.11	1706.16	36	160	384	368	0.96
Fase 3	Oeste	1	4.09	880.20	36	160	198	208	1.05
	Sur	1	2.94	1224.49	36	160	276	233	0.85
		2	2.32	1551.72	36	160	349	287	0.82

Tabla 73. Grado de Saturación Propuesta Av. República de Panamá (11:15 – 11:30). Fuente: Propia

Fase	Acceso	Carril	Headway seg/veh	S (flujo de saturación veh/h)	G (verde efectivo)	C (ciclo de semáforo)	Q (oferta vehicular)	q (Demanda vehicular veh/h)	Xi (Grado de Saturación)
Fase 1	Oeste	2	2.12	1698.11	80	160	849	648	0.76
		3	3.26	1104.29	80	160	552	438	0.79
	Este	2	1.66	2168.67	80	160	1084	647	0.60
		3	3.25	1107.69	80	160	554	393	0.71
Fase 2	Este	1	3.7	972.97	35	160	213	186	0.87
	Norte	1	2.24	1607.14	35	160	352	227	0.65
		2	1.65	2181.82	35	160	477	351	0.74
Fase 3	Oeste	1	3.56	1011.24	35	160	221	184	0.83
	Sur	1	2.14	1682.24	35	160	368	238	0.65
		2	1.77	2033.90	35	160	445	319	0.72

Tabla 74. Grado de Saturación Propuesta Av. República de Panamá (11:30 – 11:45). Fuente: Propia

Fase	Acceso	Carril	Headway seg/veh	S (flujo de saturación veh/h)	G (verde efectivo)	C (ciclo de semáforo)	Q (oferta vehicular)	q (Demanda vehicular veh/h)	Xi (Grado de Saturación)
Fase 1	Oeste	2	2.6	1384.62	77	160	666	669	1.00
		3	3.35	1074.63	77	160	517	450	0.87
	Este	2	2.11	1706.16	77	160	821	660	0.80
		3	3.51	1025.64	77	160	494	407	0.82
Fase 2	Este	1	3.69	975.61	38	160	232	199	0.86
	Norte	1	3.17	1135.65	38	160	270	225	0.83
		2	2.29	1572.05	38	160	373	308	0.82
Fase 3	Oeste	1	3.74	962.57	38	160	229	239	1.05
	Sur	1	2.84	1267.61	38	160	301	253	0.84
		2	2.25	1600.00	38	160	380	292	0.77

Tabla 75. Grado de Saturación Propuesta Av. República de Panamá (11:45 – 12:00). Fuente: Propia

Fase	Acceso	Carril	Headway seg/veh	S (flujo de saturación veh/h)	G (verde efectivo)	C (ciclo de semáforo)	Q (oferta vehicular)	q (Demanda vehicular veh/h)	Xi (Grado de Saturación)
Fase 1	Oeste	2	2.48	1451.61	78	160	708	656	0.93
		3	3.18	1132.08	78	160	552	438	0.79
	Este	2	1.99	1809.05	78	160	882	657	0.74
		3	3.35	1074.63	78	160	524	399	0.76
Fase 2	Este	1	3.18	1132.08	37	160	262	179	0.68
	Norte	1	2.93	1228.67	37	160	284	212	0.75
		2	2.12	1698.11	37	160	393	314	0.80
Fase 3	Oeste	1	3.56	1011.24	37	160	234	151	0.65
	Sur	1	2.66	1353.38	37	160	313	246	0.79
		2	2.12	1698.11	37	160	393	284	0.72

Tabla 76. Grado de Saturación Propuesta Av. República de Panamá (12:00 – 12:15). Fuente: Propia

Propuesta de mejora para la intersección de Av. Angamos Este y Av. Tomás Marsano

Fase	Acceso	Carril	Headway seg/veh	S (flujo de saturación veh/h)	G (verde efectivo)	C (ciclo de semáforo)	Q (oferta vehicular)	q (Demanda vehicular veh/h)	Xi (Grado de Saturación)
Fase 1	Sur	1	3.32	1084.34	58	160	393	207	0.53
		2	2.93	1228.67	58	160	445	198	0.44
	Oeste	2	3.77	954.91	58	160	346	374	1.08
		3	3.79	949.87	58	160	344	365	1.06
Fase 2	Norte	1	2.88	1250.00	58	160	453	281	0.62
		2	2.53	1422.92	58	160	516	182	0.35
	Este	2	2.18	1651.38	58	160	599	448	0.75
		3	2.88	1250.00	58	160	453	403	0.89
		4	3.1	1161.29	58	160	421	345	0.82
		5	2.77	1299.64	58	160	471	273	0.58
Fase 3	Sur	2	3.45	1043.48	35	160	228	222	0.97
		3	2.79	1290.32	35	160	282	307	1.09
		4	3.03	1188.12	35	160	260	259	1.00
		5	2.89	1245.67	35	160	272	280	1.03
Fase 4	Norte	2	3.74	962.57	35	160	211	207	0.98
		3	3.51	1025.64	35	160	224	213	0.95
		4	3.52	1022.73	35	160	224	216	0.97
		5	2.77	1299.64	35	160	284	226	0.79

Tabla 77. Grado de Saturación Propuesta Av. Tomás Marsano (11:30 – 11:45). Fuente: Propia

Fase	Acceso	Carril	Headway seg/veh	S (flujo de saturación veh/h)	G (verde efectivo)	C (ciclo de semáforo)	Q (oferta vehicular)	q (Demanda vehicular veh/h)	Xi (Grado de Saturación)
Fase 1	Sur	1	3.29	1094.22	56	160	383	193	0.50
	Oeste	1	2.97	1212.12	56	160	424	192	0.45
		2	3.69	975.61	56	160	341	340	1.00
		3	3.71	970.35	56	160	340	353	1.04
Fase 2	Norte	1	2.79	1290.32	56	160	452	275	0.61
	Este	1	2.5	1440.00	56	160	504	174	0.35
		2	2.14	1682.24	56	160	589	439	0.75
		3	2.85	1263.16	56	160	442	391	0.88
		4	3.01	1196.01	56	160	419	314	0.75
		5	2.74	1313.87	56	160	460	262	0.57
Fase 3	Sur	2	3.42	1052.63	37	160	243	215	0.88
		3	2.71	1328.41	37	160	307	279	0.91
		4	2.97	1212.12	37	160	280	248	0.88
		5	2.83	1272.08	37	160	294	274	0.93
Fase 4	Norte	2	3.67	980.93	37	160	227	199	0.88
		3	3.4	1058.82	37	160	245	208	0.85
		4	3.48	1034.48	37	160	239	211	0.88
		5	2.71	1328.41	37	160	307	217	0.71

Tabla 78. Grado de Saturación Propuesta Av. Tomás Marsano (11:45 – 12:00). Fuente: Propia

Fase	Acceso	Carril	Headway seg/veh	S (flujo de saturación veh/h)	G (verde efectivo)	C (ciclo de semáforo)	Q (oferta vehicular)	q (Demanda vehicular veh/h)	Xi (Grado de Saturación)
Fase 1	Sur	1	3.36	1071.43	57	160	382	214	0.56
	Oeste	1	2.96	1216.22	57	160	433	210	0.48
		2	4.06	886.70	57	160	316	327	1.04
		3	3.94	913.71	57	160	326	323	0.99
Fase 2	Norte	1	3.6	1000.00	57	160	356	291	0.82
	Este	1	2.47	1457.49	57	160	519	178	0.34
		2	2.35	1531.91	57	160	546	457	0.84
		3	3.34	1077.84	57	160	384	398	1.04
		4	2.71	1328.41	57	160	473	327	0.69
		5	2.92	1232.88	57	160	439	277	0.63
Fase 3	Sur	2	3.28	1097.56	36	160	247	219	0.89
		3	2.63	1368.82	36	160	308	284	0.92
		4	3.54	1016.95	36	160	229	248	1.08
		5	3.52	1022.73	36	160	230	241	1.05
Fase 4	Norte	2	3.44	1046.51	36	160	235	212	0.90
		3	3.54	1016.95	36	160	229	213	0.93
		4	3.26	1104.29	36	160	248	209	0.84
		5	2.79	1290.32	36	160	290	227	0.78

Tabla 79. Grado de Saturación Propuesta Av. Tomás Marsano (12:00 – 12:15). Fuente: Propia

Fase	Acceso	Carril	Headway seg/veh	S (flujo de saturación veh/h)	G (verde efectivo)	C (ciclo de semáforo)	Q (oferta vehicular)	q (Demanda vehicular veh/h)	Xi (Grado de Saturación)
Fase 1	Sur	1	3.26	1104.29	59	160	407	195	0.48
	Oeste	1	2.87	1254.36	59	160	463	198	0.43
		2	3.72	967.74	59	160	357	319	0.89
		3	3.75	960.00	59	160	354	305	0.86
Fase 2	Norte	1	2.85	1263.16	59	160	466	284	0.61
	Este	1	2.54	1417.32	59	160	523	170	0.33
		2	2.13	1690.14	59	160	623	448	0.72
		3	2.9	1241.38	59	160	458	382	0.83
		4	3.03	1188.12	59	160	438	309	0.71
		5	2.73	1318.68	59	160	486	270	0.56
Fase 3	Sur	2	3.38	1065.09	34	160	226	214	0.95
		3	2.73	1318.68	34	160	280	272	0.97
		4	3.02	1192.05	34	160	253	225	0.89
		5	2.66	1353.38	34	160	288	227	0.79
Fase 4	Norte	2	3.07	1172.64	34	160	249	207	0.83
		3	3.53	1019.83	34	160	217	208	0.96
		4	3.44	1046.51	34	160	222	202	0.91
		5	2.78	1294.96	34	160	275	222	0.81

Tabla 80. Grado de Saturación Propuesta Av. Tomás Marsano (12:15 – 12:30). Fuente: Propia

Propuesta de Mejora para la intersección que comprende la Av. Aviación

Fase	Acceso	Carril	Headway seg/veh	S (flujo de saturación veh/h)	G (verde efectivo)	C (ciclo de semáforo)	Q (oferta vehicular)	q (Demanda vehicular veh/h)	Xi (Grado de Saturación)
Fase 1	Oeste	1	3.11	1157.56	56	160	405	397	0.98
		2	2.47	1457.49	56	160	510	483	0.95
		3	2.94	1224.49	56	160	429	681	1.59
		4	2.81	1281.14	56	160	448	363	0.81
		5	3.09	1165.05	56	160	408	374	0.92
	Norte	1	3.33	1081.08	56	160	378	315	0.83
Fase 2	Este	1	3.14	1146.50	41	160	294	378	1.29
		2	2.69	1338.29	41	160	343	499	1.46
		3	3.27	1100.92	41	160	282	260	0.92
		4	2.84	1267.61	41	160	325	206	0.63
	Sur	1	2.69	1338.29	41	160	343	331	0.97
Fase 3	Sur	1	3.41	1055.72	51	160	337	247	0.73
		2	3.02	1192.05	51	160	380	344	0.91
		3	3.16	1139.24	51	160	363	271	0.75
	Norte	1	2.74	1313.87	51	160	419	612	1.46
		2	3.18	1132.08	51	160	361	579	1.60
		3	3.02	1192.05	51	160	380	503	1.32

Tabla 81. Grado de Saturación Propuesta Av. Aviación (10:00 – 10:15). Fuente: Propia

Fase	Acceso	Carril	Headway seg/veh	S (flujo de saturación veh/h)	G (verde efectivo)	C (ciclo de semáforo)	Q (oferta vehicular)	q (Demanda vehicular veh/h)	Xi (Grado de Saturación)
Fase 1	Oeste	1	3.19	1128.53	58	160	409	401	0.98
		2	2.40	1500.00	58	160	544	456	0.84
		3	2.61	1379.31	58	160	500	617	1.23
		4	2.45	1469.39	58	160	533	327	0.61
		5	3.17	1135.65	58	160	412	366	0.89
	Norte	1	3.05	1180.33	58	160	428	287	0.67
Fase 2	Este	1	3.11	1157.56	40	160	289	361	1.25
		2	2.71	1328.41	40	160	332	435	1.31
		3	2.81	1281.14	40	160	320	217	0.68
		4	2.67	1348.31	40	160	337	198	0.59
	Sur	1	2.45	1469.39	40	160	367	338	0.92
Fase 3	Sur	1	3.19	1128.53	50	160	353	263	0.75
		2	2.78	1294.96	50	160	405	324	0.80
		3	3.03	1188.12	50	160	371	255	0.69
	Norte	1	2.56	1406.25	50	160	439	581	1.32
		2	3.09	1165.05	50	160	364	523	1.44
		3	2.87	1254.36	50	160	392	471	1.20

Tabla 82. Grado de Saturación Propuesta Av. Aviación (10:15 – 10:30). Fuente: Propia

Fase	Acceso	Carril	Headway seg/veh	S (flujo de saturación veh/h)	G (verde efectivo)	C (ciclo de semáforo)	Q (oferta vehicular)	q (Demanda vehicular veh/h)	Xi (Grado de Saturación)
Fase 1	Oeste	1	2.98	1208.05	55	160	415	387	0.93
		2	2.23	1614.35	55	160	555	421	0.76
		3	2.56	1406.25	55	160	483	633	1.31
		4	2.67	1348.31	55	160	463	320	0.69
		5	2.91	1237.11	55	160	425	375	0.88
	Norte	1	3.14	1146.50	55	160	394	311	0.79
Fase 2	Este	1	3.20	1125.00	42	160	295	362	1.23
		2	2.34	1538.46	42	160	404	452	1.12
		3	3.47	1037.46	42	160	272	231	0.85
		4	2.34	1538.46	42	160	404	206	0.51
	Sur	1	2.37	1518.99	42	160	399	319	0.80
Fase 3	Sur	1	2.19	1643.84	51	160	524	231	0.44
		2	2.90	1241.38	51	160	396	326	0.82
		3	3.17	1135.65	51	160	362	231	0.64
	Norte	1	2.67	1348.31	51	160	430	588	1.37
		2	3.17	1135.65	51	160	362	537	1.48
		3	2.74	1313.87	51	160	419	499	1.19

Tabla 83. Grado de Saturación Propuesta Av. Aviación (10:30 – 10:45). Fuente: Propia

Fase	Acceso	Carril	Headway seg/veh	S (flujo de saturación veh/h)	G (verde efectivo)	C (ciclo de semáforo)	Q (oferta vehicular)	q (Demanda vehicular veh/h)	Xi (Grado de Saturación)
Fase 1	Oeste	1	2.67	1348.31	54	160	455	324	0.71
		2	2.30	1565.22	54	160	528	434	0.82
		3	2.47	1457.49	54	160	492	650	1.32
		4	2.36	1525.42	54	160	515	342	0.66
		5	2.58	1395.35	54	160	471	366	0.78
	Norte	1	3.16	1139.24	54	160	384	294	0.76
Fase 2	Este	1	3.27	1100.92	43	160	296	361	1.22
		2	2.40	1500.00	43	160	403	458	1.14
		3	3.12	1153.85	43	160	310	248	0.80
		4	2.61	1379.31	43	160	371	201	0.54
	Sur	1	2.34	1538.46	43	160	413	328	0.79
Fase 3	Sur	1	3.21	1121.50	51	160	357	251	0.70
		2	2.99	1204.01	51	160	384	340	0.89
		3	3.01	1196.01	51	160	381	264	0.69
	Norte	1	2.50	1440.00	51	160	459	609	1.33
		2	3.01	1196.01	51	160	381	563	1.48
		3	2.86	1258.74	51	160	401	475	1.18

Tabla 84. Grado de Saturación Propuesta Av. Aviación (10:45 – 11:00). Fuente: Propia

7. RESULTADOS

El primer resultado comparado es la longitud de cola determinado por acceso, para ello se analizó el cuadro brindado por el programa VISSIM. En la interfaz de resultados por nodos se muestra el momento transcurrido en simular, la duración del modelamiento y la longitud de cola máxima por carril.

Av. Angamos Este con Av. República de Panamá - Existente				
\$MOVEMENT	TIMEINT	MOVEMENT	QLEN	QLENMAX
77	160-320	1-01@	71.24	132.22
77	160-320	1-01@	71.24	132.22
77	160-320	1-01@	71.24	132.22
77	160-320	1-03@	68.77	75.72
77	160-320	1-03@	68.77	75.72
77	160-320	1-03@	68.77	75.72
77	160-320	1-05@	92.19	104.75
77	160-320	1-05@	92.19	104.75
77	160-320	1-05@	92.19	104.75
77	160-320	1-07@	46.15	95.06
77	160-320	1-07@	46.15	95.06
77	160-320	1-07@	46.15	95.06

Tabla 85. Resultados Longitud de Cola Av. República de Panamá – Existente. (Fuente: Propia)

Se comparó con los datos obtenidos al modelar la propuesta de mejora donde se incluye la aplicación de la metodología *Ramp Metering*. En el caso de la Av. República de Panamá se observa una mejora promedio de 19.00 metros. La diferencia más impactante sucede en los carriles 1 y 2 del acceso Este con una disminución de 36.51%.

Av. Angamos Este con Av. República de Panamá - Propuesta				
\$MOVEMENT	TIMEINT	MOVEMENT	QLEN	QLENMAX
42	160-320	1-01@	27.13	96.86
42	160-320	1-01@	27.13	96.86
42	160-320	1-03@	58.7	70.56
42	160-320	1-03@	58.7	70.56
42	160-320	1-05@	76.23	94.06
42	160-320	1-05@	76.23	94.06
42	160-320	1-07@	27.43	61.41
42	160-320	1-07@	27.43	61.41
42	160-320	1-19@	34.55	69.5
42	160-320	1-20@	22.29	58.13

Diferencia (m)	
35.36	36.51%
35.36	36.51%
5.16	7.31%
5.16	7.31%
5.16	7.31%
10.69	11.37%
10.69	11.37%
33.65	54.80%
33.65	54.80%

Tabla 86. Resultados Longitud de Cola Av. República de Panamá – Propuesta. (Fuente: Propia)

De igual manera, en la intersección comprendida por Av. Tomás Marsano los resultados de implementar *Ramp Metering* fueron positivos, como se observa en el siguiente cuadro la longitud de cola máxima existente en los carriles 1 y 2 del acceso Centro de Vigilancia – Sur, es de 42 metros aproximadamente. No obstante, en el cuadro subsiguiente, en la misma vía se redujo a 17 metros logrando una disminución del 69%.

Av. Tomás Marsano con Av. Angamos Este - Existente				
\$MOVEMENT	TIMEINT	MOVEMENT	QLEN	QLENMAX
64	160-320	1-01@	15.8	42.65
64	160-320	1-01@	15.8	42.65
64	160-320	1-02@	79.82	87.88
64	160-320	1-02@	79.82	87.88
64	160-320	1-06@	49.44	103.52
64	160-320	1-06@	49.44	103.52
64	160-320	1-06@	49.44	103.52
64	160-320	1-06@	49.44	103.52
64	160-320	1-07@	68.73	108.57
64	160-320	1-07@	68.73	108.57
64	160-320	1-09@	120	133.82
64	160-320	1-09@	120	133.82
64	160-320	1-09@	120	133.82
64	160-320	1-11@	19.54	33.68
64	160-320	1-11@	19.54	33.68
64	160-320	1-11@	19.54	33.68
64	160-320	1-12@	61.62	71.85
64	160-320	1-12@	61.62	71.85
64	160-320	1-12@	61.62	71.85

Tabla 87. Resultados Longitud de Cola Av. Tomás Marsano – Existente. (Fuente: Propia)

Av. Tomás Marsano con Av. Angamos Este - Propuesta					Diferencia (m)	
\$MOVEMENT	TIMEINT	MOVEMENT	QLEN	QLENMAX		
25	160-320	1 - 01@	8.97	25.19	17.46	69.32%
25	160-320	1 - 02@	34.11	86.50	1.38	1.60%
25	160-320	1 - 06@	16.31	53.04	50.48	95.17%
25	160-320	1 - 07@	29.03	76.47	32.10	41.99%
25	160-320	1 - 07@	29.03	76.47	32.10	41.99%
25	160-320	1 - 09@	56.20	127.76	6.06	4.74%
25	160-320	1 - 09@	56.20	127.76	6.06	4.74%
25	160-320	1 - 11@	17.09	31.23	2.45	7.85%
25	160-320	1 - 12@	34.93	68.72	3.13	4.56%

Tabla 88. Resultados Longitud de Cola Av. Tomás Marsano – Propuesta. (Fuente: Propia)

Por otro lado, la finalidad del tema de investigación es verificar la metodología *Ramp Metering* reduce el grado de saturación en las intersecciones urbanas analizadas. Por tal motivo y como se mencionó en párrafos anteriores se determinó el grado de saturación en el horario promedio de cada intersección, con el fin de presenciar brechas para el correcto funcionamiento de la metodología.

Asimismo, en la intersección de la Av. Angamos con la Av. Aviación se logró disminuir el grado de saturación en todos los accesos, excepto en el grupo de carril de giro a la derecha del acceso Oeste. En este último se incrementó el grado de saturación debido a que la demanda vehicular permaneció igual, pero el tiempo de verde efectivo disminuyó, por lo cual aumentó la oferta. En el acceso norte, se observó una reducción de 77.53% en la longitud de su cola de vehículos, mientras que en el acceso sur fue de 163.13 %. Por otro lado, en los accesos de MiFarma y Estación de Bicicletas se disminuyó en 51.31% y 73.85%, respectivamente.

Av. Aviación con Av. Angamos Este - Existente				
\$MOVEMENT	TIMEINT	MOVEMENT	QLEN	QLENMAX
36	320-480	1 - 1@	295.45	298.96
36	320-480	1 - 1@	295.45	298.96
36	320-480	1 - 1@	295.45	298.96
36	320-480	1 - 4@	334.77	340.74
36	320-480	1 - 4@	334.77	340.74
36	320-480	1 - 6@	41.96	66.85
36	320-480	1 - 6@	41.96	66.85
36	320-480	1 - 7@	259.97	265.55
36	320-480	1 - 7@	259.97	265.55
36	320-480	1 - 7@	259.97	265.55
36	320-480	1 - 9@	145.60	154.80
36	320-480	1 - 9@	145.60	154.80
36	320-480	1 - 9@	145.60	154.80

Tabla 89. Resultados Longitud de Cola Av. Aviación - Existente. (Fuente: Propia)

Av. Aviación con Av. Angamos Este - Propuesta				
\$MOVEMENT	TIMEINT	MOVEMENT	QLEN	QLENMAX
72	320-480	1 - 1@	80.12	145.56
72	320-480	1 - 4@	124.30	195.99
72	320-480	1 - 6@	57.71	77.05
72	320-480	1 - 6@	57.71	77.05
72	320-480	1 - 7@	79.64	149.57
72	320-480	1 - 9@	45.79	58.83
72	320-480	1 - 17@	35.55	47.10
72	320-480	1 - 20@	7.50	35.26
72	320-480	1 - 21@	100.71	172.42
72	320-480	1 - 22@	67.65	124.44

Diferencia (m)	
153.41	51.31%
144.75	73.85%
-10.21	-13.24%
115.97	77.53%
95.97	163.13%

Tabla 90. Resultados Longitud de Cola Av. Aviación – Propuesta. (Fuente: Propia)

7.1. Resultados de la validación de la propuesta

Se compararon los grados de saturación de la situación existente de la intersección con los de la propuesta implementada, aplicando la metodología Ramp Metering y el algoritmo ALINEA, y se obtuvieron los siguientes resultados.

En la intersección Av. Angamos Este con Av. República de Panamá en el periodo de 11:15 – 11:30, el primer carril de la Fase 2 del acceso Norte logró reducir en 42.46 %. Por un lado, este resultado se debe por reducir los giros innecesarios que se realizaban contantemente en las vías de Angamos, lo cual disminuyó puntos de conflictos logrando una circulación fluida en la intersección.

Fase	Acceso	Carril	Existente	Fase	Acceso	Carril	Propuesta	Reducción	
			Xi (Grado de Saturación)				Xi (Grado de Saturación)	Variación	%
Fase 1	Oeste	1	1.43	Fase 1	Oeste	2	0.94	0.43	31.26%
		2	1.37			3	1.00	0.24	19.52%
		3	1.24			2	0.91	0.32	25.78%
	Este	1	1.22		Este	3	0.82	0.19	18.54%
		2	1.23			1	1.06	0.16	12.94%
		3	1.01			1	0.92	0.42	42.46%
Fase 2	Norte	1	1.35	Fase 2	Norte	2	0.96	0.37	27.99%
		2	1.33			1	1.05	0.38	26.70%
		1	0.99		Oeste	1	0.85	0.15	14.96%
	Sur	2	1.03			2	0.82	0.21	20.17%

Tabla 91. Resultados Grado de Saturación Av. República de Panamá (11:15 – 11:30). Fuente: Propia

Por otro lado, en el intervalo de 11:30 – 11:45, el carril número 2 del acceso Oeste de la Fase 1 reduce en un 31.44%. Ello se debe a que la propuesta semaforizada que emplea la metodología Ramp Metering permite que el flujo vehicular con movimiento hacia la izquierda de los accesos Oeste - Este circule con facilidad introduciéndose a la demanda Norte – Sur que no cuentan con vehículos con giros hacia la izquierda.

Fase	Acceso	Carril	Existente	Fase	Acceso	Carril	Propuesta	Reducción	
			Xi (Grado de Saturación)				Xi (Grado de Saturación)	Variación	%
Fase 1	Oeste	1	1.19	Fase 1	Oeste	2	0.76	0.35	31.44%
		2	1.11			3	0.79	0.20	20.34%
		3	1.00		Este	2	0.60	0.41	40.85%
	Este	1	1.11			3	0.71	0.09	11.28%
		2	1.01	Fase 2	Este	1	0.87	0.23	21.09%
		3	0.80			1	0.65	0.42	41.85%
Fase 2	Norte	1	1.06		Norte	2	0.74	0.32	30.32%
		2	1.06			1	0.83	0.36	30.26%
	Sur	1	0.80	Fase 3	Sur	1	0.65	0.16	19.36%
		2	0.82			2	0.72	0.11	13.05%

Tabla 92. Resultados Grado de Saturación Av. República de Panamá (11:30 – 11:45). Fuente: Propia

Adicionalmente, la menor reducción se dio en un 15.28% en el carril 3 del acceso Este en la Fase 1. Esto se debe a que existen vehículos con movimientos hacia la derecha, lo cual genera conflictos con los peatones y no permite tener una circulación fluida.

Fase	Acceso	Carril	Existente	Fase	Acceso	Carril	Propuesta	Reducción	
			Xi (Grado de Saturación)				Xi (Grado de Saturación)	Variación	%
Fase 1	Oeste	1	1.30	Fase 1	Oeste	2	1.00	0.31	23.87%
		2	1.32			3	0.87	0.32	27.10%
		3	1.19		Este	2	0.80	0.42	34.26%
	Este	1	1.11			3	0.82	0.15	15.28%
		2	1.22	Fase 2	Este	1	0.86	0.25	22.38%
		3	0.97			1	0.83	0.66	66.04%
Fase 2	Norte	1	1.49		Norte	2	0.82	0.70	45.81%
		2	1.52			1	1.05	0.25	19.44%
	Sur	1	1.05	Fase 3	Sur	1	0.84	0.21	20.23%
		2	1.08			2	0.77	0.31	28.76%

Tabla 93. Resultados Grado de Saturación Av. República de Panamá (11:45 – 12:00). Fuente: Propia

Por último, en el periodo 12:00 – 12:15 la mayor reducción se dio en el carril Oeste de la Fase 3 con 44.24% de diferencia.

Fase	Acceso	Carril	Existente	Fase	Acceso	Carril	Propuesta	Reducción	
			Xi (Grado de Saturación)				Xi (Grado de Saturación)	Variación	%
Fase 1	Oeste	1	1.16	Fase 1	Oeste	2	0.93	0.32	25.95%
		2	1.25			3	0.79	0.35	30.54%
		3	1.14		Este	2	0.74	0.41	35.23%
	Este	1	1.05			3	0.76	0.13	14.26%
		2	1.15	Fase 2	Este	1	0.68	0.37	34.87%
		3	0.89			1	0.75	0.38	38.03%
Fase 2	Norte	1	1.13		Norte	2	0.80	0.35	30.25%
		2	1.15			1	0.65	0.51	44.24%
	Sur	1	0.99	Fase 3	Sur	1	0.79	0.21	20.76%
		2	1.01			2	0.72	0.29	28.60%

Tabla 94. Resultados Grado de Saturación Av. República de Panamá (12:00 – 12:15). Fuente: Propia

Al igual que la intersección anterior, se logró mejorar las condiciones de circulación en la Av. Tomás Marsano, a través de restringir giros inapropiados e implementar la red de semáforos coordinados con la estrategia ALINEA.

Fase	Acceso	Carril	Existente	Fase	Acceso	Carril	Propuesta	Reducción	
			Xi (Grado de Saturación)				Xi (Grado de Saturación)	Variación	%
Fase 1	Oeste	2	1.40	Fase 1	Sur	1	0.53	0.44	45.55%
		3	1.17			1	0.44	0.66	59.76%
	Este	2	1.45		Oeste	2	1.08	0.32	23.04%
		3	1.58			3	1.06	0.11	9.04%
		4	0.95	Fase 2	Norte	1	0.62	1.15	64.99%
Fase 2	Sur	5	0.99			1	0.35	0.68	65.88%
		1	0.97		Este	2	0.75	0.70	48.23%
		2	1.50			3	0.89	0.69	43.60%
		3	1.78			4	0.82	0.14	14.14%
Fase 3	Norte	4	1.45			5	0.58	0.41	41.47%
		5	1.66	Fase 3	Sur	2	0.97	0.53	35.28%
		1	1.77			3	1.09	0.70	39.03%
		2	1.19			4	1.00	0.46	31.39%
		3	1.81			5	1.03	0.64	38.23%
Fase 4	Oeste	4	1.68	Fase 4	Norte	2	0.98	0.20	17.04%
		5	1.23			3	0.95	0.87	47.68%
		1	1.10			4	0.97	0.72	42.56%
Fase 4	Este	1	1.03			5	0.79	0.43	35.21%
		1	1.03						

Tabla 95. Resultados Grado de Saturación Av. Tomás Marsano (11:30 – 11:45). Fuente: Propia

Según los resultados el acceso de Open Plaza (Este), obtuvo mejores efectos en relación con el grado de saturación, al reducir en 65.88%.

			Existente				Propuesta	Reducción	
Fase	Acceso	Carril	Xi (Grado de Saturación)	Fase	Acceso	Carril	Xi (Grado de Saturación)	Variación	%
Fase 1	Oeste	2	1.19	Fase 1	Sur	1	0.50	0.63	55.55%
		3	1.14			1	0.45	0.56	55.11%
	Este	2	1.40		Oeste	2	1.00	0.20	16.55%
		3	1.65			3	1.04	0.10	8.83%
		4	1.35	Fase 2		Norte	1	0.61	1.07	63.63%
		5	1.02		1		0.35	0.63	64.64%
Fase 2	Sur	1	1.13	Este	2	0.75	0.65	46.68%	
		2	1.69		3	0.88	0.77	46.49%	
		3	1.65		4	0.75	0.60	44.34%	
		4	1.57		5	0.57	0.45	44.30%	
		5	1.70		Fase 3	Sur	2	0.88	0.81	47.87%
Fase 3	Norte	1	1.67	3			0.91	0.74	44.80%
		2	1.23	4			0.88	0.68	43.49%
		3	1.55	5			0.93	0.77	45.17%
		4	1.22	Fase 4	Norte	2	0.88	0.35	28.71%
		5	1.36			3	0.85	0.70	45.11%
Fase 4	Oeste	1	1.01			4	0.88	0.34	27.67%
		1	0.98			5	0.71	0.65	48.02%

Tabla 96. Resultados Grado de Saturación Av. Tomás Marsano (11:45 – 12:00). Fuente: Propia

De igual manera, sucedió con las vías del acceso Oeste, donde el primer carril para la Fase 1 obtuvo una mejora de 58.20%. En ambos casos se introdujo el flujo vehicular de los vehículos que giran hacia la izquierda proveniente de la Av. Tomás Marsano, considerando en la simulación la preferencia de Av. Angamos Este y los movimientos que posee.

Fase	Acceso	Carril	Existente	Fase	Acceso	Carril	Propuesta	Reducción	
			Xi (Grado de Saturación)				Xi (Grado de Saturación)	Variación	%
Fase 1	Oeste	2	1.72	Fase 1	Sur	1	0.56	0.37	39.63%
		3	1.15			1	0.48	0.67	58.20%
	Este	2	1.32		Oeste	2	1.04	0.69	39.97%
		3	1.42			3	0.99	0.15	13.46%
		4	1.08	Fase 2	Este	1	0.82	0.54	39.92%
Fase 2	Sur	5	0.94			1	0.34	0.78	69.34%
		1	0.93			2	0.84	0.49	36.77%
		2	1.44			3	1.04	0.39	27.24%
		3	1.59			4	0.69	0.39	36.04%
		4	1.51	Fase 3	Sur	5	0.63	0.31	33.22%
Fase 3	Norte	5	1.26			2	0.89	0.56	38.52%
		1	1.36			3	0.92	0.67	41.99%
		2	1.31			4	1.08	0.42	28.04%
		3	1.59			5	1.05	0.22	17.08%
		4	1.80	Fase 4	Norte	2	0.90	0.41	31.06%
Fase 4	Oeste	5	1.14			3	0.93	0.66	41.46%
		1	1.16			4	0.84	0.95	53.14%
		1	1.12			5	0.78	0.36	31.28%

Tabla 97. Resultados Grado de Saturación Av. Tomás Marsano (12:00 – 12:15). Fuente: Propia

Adicionalmente, en el periodo de 12:15 – 12:30 se obtuvo una reducción de 71.00% en el acceso Sur de la Fase 1.

Fase	Acceso	Carril	Existente	Fase	Acceso	Carril	Propuesta	Reducción	
			Xi (Grado de Saturación)				Xi (Grado de Saturación)	Variación	%
Fase 1	Oeste	2	1.45	Fase 1	Sur	1	0.48	1.17	71.00%
		3	1.42			1	0.43	0.91	67.89%
	Este	2	1.74		Oeste	2	0.89	0.55	38.24%
		3	1.51			3	0.86	0.56	39.37%
Fase 2	Sur	4	1.07	Fase 2	Este	1	0.61	0.56	47.70%
		5	1.06			1	0.33	0.87	72.79%
		1	1.65			2	0.72	1.02	58.71%
		2	1.66			3	0.83	0.68	44.81%
		3	1.69			4	0.71	0.36	33.97%
Fase 3	Norte	4	1.74	Fase 3	Sur	5	0.56	0.50	47.49%
		5	1.76			2	0.95	0.71	42.99%
		1	1.17			3	0.97	0.72	42.71%
		2	1.57			4	0.89	0.85	48.97%
		3	1.73	Fase 4	Norte	5	0.79	0.97	55.18%
Fase 4	Oeste	4	1.53			2	0.83	0.74	47.23%
		5	1.69			3	0.96	0.77	44.64%
		1	1.33			4	0.91	0.62	40.74%
	Este	1	1.20			5	0.81	0.88	52.17%

Tabla 98. Resultados Grado de Saturación Av. Tomás Marsano (12:15 – 12:30). Fuente: Propia

En la intersección de la Av. Angamos Este y Av. Aviación, se observó una reducción en el grado de saturación de los carriles, el cual es mostrado en la siguiente tabla. Para el intervalo observado, el carril número 2 del acceso Sur en la Fase 3 se redujo en un 26.11%.

Fase	Acceso	Carril	Existente	Fase	Acceso	Carril	Propuesta	Reducción	
			Xi (Grado de Saturación)				Xi (Grado de Saturación)	Variación	%
Fase 1	Oeste	2	1.12	Fase 1	Oeste	1	0.98	1.31	57.13%
		3	1.34			2	0.95	0.17	15.29%
		4	1.79			3	1.29	0.05	4.08%
		5	0.92			4	0.81	0.98	54.83%
	Este	3	0.96			5	0.92	0.01	0.66%
		4	0.97		Norte	1	0.83	0.34	28.80%
Fase 2	Oeste	1	2.29	Fase 2	Este	1	1.29	0.36	21.78%
	Este	1	1.64			2	1.46	0.53	26.54%
		2	1.98			3	0.92	0.04	3.77%
Fase 3	Sur	1	1.01			4	0.63	0.34	34.80%
		2	0.99		Sur	1	0.97	0.05	4.85%
		3	1.09		Sur	2	0.73	0.26	26.11%
		4	0.92			3	0.91	0.18	16.60%
	Norte	1	1.17			4	0.75	0.18	19.12%
		2	1.82		Norte	2	1.46	0.36	19.59%
		3	1.73			3	1.60	0.13	7.48%
		4	1.35			4	1.32	0.03	1.88%

Tabla 99. Resultados Grado de Saturación Av. Aviación (10:00 – 10:15). Fuente: Propia

Asimismo, en el siguiente intervalo se analizó que el de carril 4 del acceso norte redujo 16.37%.

Fase	Acceso	Carril	Existente	Fase	Acceso	Carril	Propuesta	Reducción	
			Xi (Grado de Saturación)				Xi (Grado de Saturación)	Variación	%
Fase 1	Oeste	2	1.18	Fase 1	Oeste	1	0.98	1.34	57.73%
		3	1.28			2	0.84	0.34	29.00%
		4	1.51			3	1.23	0.04	3.51%
		5	0.94			4	0.61	0.90	59.46%
	Este	3	0.94			5	0.89	0.05	5.00%
		4	0.97		Norte	1	0.67	0.61	47.61%
Fase 2	Oeste	1	2.32	Fase 2	Este	1	1.25	0.72	36.62%
	Este	1	1.97			2	1.31	0.80	37.82%
		2	2.11			3	0.68	0.27	28.26%
Fase 3	Sur	1	1.11			4	0.59	0.38	39.24%
		2	0.99		Sur	1	0.92	0.19	17.28%
		3	1.16		Sur	2	0.75	0.24	24.53%
		4	0.95			3	0.80	0.36	30.87%
	Norte	1	1.28			4	0.69	0.27	27.94%
		2	1.88		Norte	2	1.32	0.56	29.72%
		3	1.64			3	1.44	0.20	12.38%
		4	1.44			4	1.20	0.24	16.37%

Tabla 100. Resultados Grado de Saturación Av. Aviación (10:15 – 10:30). Fuente: Propia

Por otro lado, para el carril número 1 del acceso Norte en comparación a la situación actual se apreció una reducción de 42.03%.

Fase	Acceso	Carril	Existente	Fase	Acceso	Carril	Propuesta	Reducción	
			Xi (Grado de Saturación)				Xi (Grado de Saturación)	Variación	%
Fase 1	Oeste	2	1.12	Fase 1	Oeste	1	0.93	0.98	51.32%
		3	1.39			2	0.76	0.36	32.18%
		4	1.55			3	1.31	0.08	5.98%
		5	0.98			4	0.69	0.86	55.53%
	Este	3	0.99			5	0.88	0.10	9.92%
		4	0.99		Norte	1	0.79	0.57	42.03%
Fase 2	Oeste	1	1.91	Fase 2	Este	1	1.23	0.62	33.63%
	Este	1	1.85			2	1.12	0.86	43.45%
		2	1.98			3	0.85	0.14	14.40%
Fase 3	Sur	1	1.09			4	0.51	0.48	48.60%
		2	0.93		Sur	1	0.80	0.29	26.41%
		3	1.21			2	0.44	0.49	52.59%
		4	0.94	Fase 3	Sur	3	0.82	0.39	31.92%
	Norte	1	1.36			4	0.64	0.30	32.07%
		2	2.01		Norte	2	1.37	0.64	31.86%
		3	1.85			3	1.48	0.37	19.90%
		4	1.55			4	1.19	0.36	23.25%

Tabla 101. Resultados Grado de Saturación Av. Aviación (10:30 – 10:45). Fuente: Propia

Por último, el máximo valor de reducción del intervalo 10:45 – 11:00, es de 58.94% para el tercer carril el acceso Sur en la segunda fase del ciclo.

Fase	Acceso	Carril	Existente	Fase	Acceso	Carril	Propuesta	Reducción	
			Xi (Grado de Saturación)				Xi (Grado de Saturación)	Variación	%
Fase 1	Oeste	2	0.97	Fase 1	Oeste	1	0.71	0.88	55.35%
		3	1.33			2	0.82	0.15	15.71%
		4	1.39			3	1.32	0.01	0.67%
		5	0.80			4	0.66	0.73	52.23%
	Este	3	0.87			5	0.78	0.02	2.53%
		4	0.90		Norte	1	0.76	0.46	37.42%
Fase 2	Oeste	1	1.59	Fase 2	Este	1	1.22	0.52	30.03%
	Este	1	1.74			2	1.14	0.21	15.66%
		2	1.35			3	0.80	0.07	8.47%
Fase 3	Sur	1	0.91			4	0.54	0.36	39.84%
		2	0.92		Sur	1	0.79	0.12	13.22%
		3	2.16			2	0.70	0.22	23.52%
		4	1.01	Fase 3	Sur	3	0.89	1.27	58.94%
	Norte	1	1.22			4	0.69	0.31	31.11%
		2	1.80		Norte	2	1.33	0.47	26.23%
		3	1.58			3	1.48	0.10	6.30%
		4	1.48			4	1.18	0.30	20.27%

Tabla 102. Resultados Grado de Saturación Av. Aviación (10:45 – 11:00). Fuente: Propia

8. CONCLUSIONES

El implementar un sistema de semaforización en las intersecciones de Av. Angamos Este con Av. Tomás Marsano, Av. República de Panamá y Av. Aviación con la metodología *Ramp Metering* permitió mejorar las condiciones de circulación de dichos cruces viales y disminuir el grado de saturación.

En las intersecciones, se concluyó que existió una disminución en el grado de saturación y en la longitud de cola, debido a la introducción nueva propuesta, la cual incluye la implementación de la metodología *Ramp Metering* más la prohibición de los giros a la derecha en los accesos con giros exclusivos antes de la intersección y prohibición del giro a la izquierda excepto en los carriles de la izquierda en cada acceso. En las intersecciones el grado de saturación mejoro, ya que con la implementación de *Ramp Metering* los accesos optimizan la congestión con respecto al giro realizado en dirección izquierda. Esto es consecuencia de implementar 3 fases independientes para las vías principales y secundarias.

En relación con la estrategia ALINEA, se concluye que la red de semaforización puede responder a un flujo estocástico. Ello se evidencia con la estructuración del nuevo ciclo óptimo que permite mejorar las condiciones de circulación, los tiempos de verde efectivo contribuyeren a calcular un nuevo grado de saturación con resultados positivos. A su vez, el independizar e introducir las demandas de vías secundarias permite una mayor fluidez automovilista.

Asimismo, de acuerdo a los resultados obtenidos de las simulaciones realizadas en el programa VISSIM, el calcular mediante el algoritmo ALINEA diversos tiempos de verde efectivo para intervalos de quince minutos, optimiza las condiciones de circulación; ya que se observa una disminución en el grado de saturación (Ver Tablas 91 - 102).

El determinar el grado de saturación existente y los generados por la propuesta, empleando la data proveniente del micro simulador VISSIM, permite validar de manera microscópica y eficiente el planteamiento propuesto en la presente tesis, el cual indica que la implementación de la metodología del Ramp Metering contribuye a reducir el grado de saturación de las intersecciones analizadas en la presente investigación.

9. RECOMENDACIONES

Es recomendable considerar que el nivel de saturación es originado por los conflictos con los movimientos hacia la izquierda. El motivo es que según los resultados existe mayor posibilidad de disminuir el grado de saturación por acceso cuando el principal responsable de los conflictos es el giro hacia la izquierda.

Por otro lado, el primer resultado favorable con la investigación es restringir los giros por carril que no se relacionan con la señalización horizontal. Por tal motivo, es recomendable incluir en las intersecciones, señales verticales que prohíban los giros inadecuados. La finalidad de lo mencionado es disminuir la longitud de cola y a su vez mejorar el flujo de vehículos que cruzan las intersecciones estudiadas.

Las medidas preventivas para asegurar y regular el comportamiento estocástico de los conductores que circulan en las intersecciones urbanas analizadas deben vincularse a la fiscalización de las señales de tránsito. Para lograr dicho efecto se ha considerado, en caso de aplicar la metodología, tachas en el perímetro de los carriles, ello evita los cambios inadecuados de carril. En las intersecciones que cuenten con salidas hacia la derecha previas a los cruces viales, se recomienda colocar señalización horizontal de prohibición con el giro indicado.

Es importante considerar la confluencia de los giros con los flujos de los accesos adyacentes para la implementación de la metodología *Ramp Metering* en intersecciones. Para la reducción de la saturación en intersecciones mediante el uso de esta metodología, se recomienda utilizar los flujos de los giros a la izquierda de los accesos secundarios con los flujos de los accesos principales.

Se recomienda analizar detalladamente los aforos vehiculares, aforos peatonales y la geometría de las intersecciones, así como el tipo de zona de ubicación y los horarios de manejo, con el fin de conocer el tipo de comportamiento que utilizan los usuarios, ya sea defensivo o agresivo, y así implementar un sistema de semáforos adecuado para la situación requerida.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abuamer Ismail, & Berk Ceikoglu, H. (2017). Micro-Simulation Based Ramp Metering on Istanbul Freeways: An Evaluation Adopting ALINEA. *IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, Proceedings, ITSC*, 598-606.
- Abuamer, I. &. (2017). Local Ramp Metering Strategy ALINEA: Microscopic Simulation. Estambul, Turquía. *ELSEVIER*.
- Akmal Abdelfatah1, A. R. (2012). Utilizing Vissim to Evaluate Ramp Metering Performance. *International Journal of Traffic and Transportation Engineering*, 1-6.
- Bester, C. J., & Meyers, W. (2007). Saturation flow rates. *Southern African Transport Conference*, 9-12.
- Calderón, J. L. (2013). *PLAN DE INCENTIVOS A LA MEJORA DE LA GESTIÓN Y MODERNIZACIÓN*. LIMA: MUNICIPALIDAD DE SURQUILLO.
- Chao Lu, J. H. (2017). Coordinated Ramp Metering with Equity Consideration Using Reinforcement Learning. *Journal of Transportation Engineering*, 238-295.
- CHEN Tianzia, J. S. (2013). Comparative Study of VISSIM and SIDRA on Signalized Intersection. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2005-2009.
- Dongyan Su, X.-Y. L. (2014). Coordinated Ramp Metering and Intersection Signal Control. *International Journal of Transportation Science and Technology*, 179-191.
- Dr. Nathan Gartner, D. C. (2001). *Traffic Flow Theory-A State of the Art Report*. Committe on traffic flow therory and characteristics .
- Ekinhan Eriskin, S. K. (2017). Optimization of Traffic Signal Timing at Oversaturated Intersections Using Elimination Pairing System. *Procedia Engineering*, 295 – 300.

-
- Eskafi, F., Khorramabadi, D., & Varaiya, P. (1995). An automated highway system simulator. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*.
- FHW, F. H. (2017). *Traffic Control Systems Handbook: Chapter 3. Control Concepts*. United States of America.
- Gerencia de Transporte Urbano, G. (2015). Municipalidad de Lima recibió S/.14 millones de presupuesto. *El Comercio*.
- González-Fernández, H., Ruiz-Caballero, P., & Castilla-González, A. (2017). ANÁLISIS FUNCIONAL DE LA INTERSECCIÓN CALVARIO-AGUILERA PARA DISMINUIR LOS RIESGOS DE ACCIDENTES EN LA CIRCULACIÓN VEHICULAR Y PEATONAL. *Centro de Información y Gestión Tecnológica de Santiago de Cuba Cuba*, 68-77.
- Hassane Abouaïssa, M. F. (2013). On ramp metering: towards a better understanding of ALINEA via model-free control. *International Journal of Control*, 1-9.
- Hernández, J., & Urueta, C. (2015). DESARROLLO DE UN SISTEMA DE SOFTWARE MODULAR PARA LA GENERACIÓN DE ESTUDIOS DE TRÁFICO VEHICULAR MEDIANTE EL USO DE UNA APLICACIÓN MÓVIL QUE FACILITE PROCESOS DE AFORO EN LA UNIDAD DE SECRETARIA DE TRÁNSITO SECCIONAL MONTERÍA. *UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA*, 21-24.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, L. (2014). *Metodología de la Investigación*. México D.F.: MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- INEI. (2017). Población Total, Censada y Omitida según censo. *Instituto Nacional de Estadística e Informática*, 1.
- Iniestra Gomez, R., Sandoval, P. F., Allen Rogers, J., Tejada, D., & Aguilar Gómez, J.

-
- (2009). Guía metodológica para la estimación de emisiones vehiculares en ciudades mexicanas. México.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2017). LIMA TENDRÍA 9 MILLONES 111 MIL HABITANTES. *Instituto Nacional de Estadística e Informática*, 1-2.
- Jacobo, A. (2015). Sistema de Semáforos Inteligentes Utilizado Sensores de Presencia. *Revista Aplicaciones de la Ingeniería* .
- LAKHANI, R. L. (2015). *SISTEMA INTELIGENTE DE DETECCIÓN Y AVISO DE INFRACCIONES EN SEMÁFOROS MEDIANTE SMARTPHONES*. LA LAGUNA: UNIVESDIAD DE LA LAGUNA.
- Levin, R. I. (1998). *Estadística para Administración y Economía* . Mexico: PEARSON EDUCACIÓN.
- LINO, F. J. (2012). *APLICABILIDAD DE LAS METODOLOGÍAS DEL HCM 2000 Y SYNCHRO 7.0 PARA ANALIZAR INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS EN LIMA*. Lima: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ.
- Manrrique, W. (2017). El tiempo perdido viajando en combi. *La República*, 1.
- Ministerio de Transporte Santa Fe de Bogotá. (1998). Manual de Diseño Geométrico para Carreteras. Colombia.
- Morgan, Mendoza, & Solorzano. (2014). Aforo Vehicular - Puente Desnivel . Managua, Nicaragua: Universidad Nacional de Ingeniería.
- MTC. (2016). Manual de Dispositivos de Control del Transito. *Manual de dispositivos de control del tránsito automotor para calles y carreteras*, 1-395.
- Oñate, A. (2015). Ingeniería de Tránsito. España.
- Palacios, F. (2016). Definicion y funcion en el transporte urbano. Prezi.
- Saidallah, El Fergoug, & Elalaoui. (2016). A Comparative Study of Urban Road Traffic Simulators. MATEC Web of Conferences, Volume 81.

-
- Tettamanti, T., & Horváth, M. T. (2015). A practical manual for Vissim COM programming in Matlab. Budapest, Hungría: Budapest University of Technology and Economics.
- Thomson, I., & Bull, A. (2002). La congestión del tránsito urbano: causas y consecuencias económicas y sociales. Revista La Cepal.
- Transportation Research Board. (2010). Highway Manual Capacity 2010. Estados Unidos : Transportation Research Board, National Research Council.
- Urrego, D. R. (2015). Revisión del HCM 2010 y 2000 intersecciones semaforizadas. *Revista de la Facultad de Ingeniería*, 19-31.
- VCHI S.A. (2005). Manual 2005 VCHI de Diseño Geométrico de Vías Urbanas. Lima, Lima, Perú.
- Vega, H. H. (2016). MODELO DE GREENSHIELDS UN ESTUDIO DE LA CAPACIDAD DE TRÁFICO (1935) 80 años de la ecuación fundamental del flujo vehicular. *PITRA-LanammeUCR*, 1-5.

ANEXOS

Anexo 1. Muestra fotográfica de trabajo de campo, conteo de semaforización. (Fuente: Propia)

Anexo 2. Muestra fotográfica de trabajo de campo. (Fuente: Propia)

• Acceso “Coliseo Eduardo Dibós” - Intersección Av. Angamos Este con Av. Aviación

	Univseridad Peruana de Ciencias Aplicadas	Planilla de Aforo																										Pag.	01						
		Nombre del Proyecto																										Acceso								
		Propuesta de un sistema de semaforización para reducir el grado de saturación en las intersecciones de Av. Angamos Este con Av. República de Panamá, Av. Tomás Marsano y Av. Aviación; a través de la metodología del Ramp Metering.																										Grifo Dibós								
																												Revisión_0								
Fecha:	16/07/2018	Elaborado por:				Leonardo Basurto								Aprobado por:				Rodrigo Yzaguirre								Hora Inicio:				07:00		Hora Final:		13:00		
Horario	Vehículo N°1																		Vehículo N°2																	
	Carril N°1				Carril N°2				Carril N°3				Carril N°4				Carril N°1				Carril N°2				Carril N°3				Carril N°4							
	↶	↑	↷	↶	↶	↑	↷	↶	↶	↑	↷	↶	↶	↑	↷	↶	↶	↑	↷	↶	↶	↑	↷	↶	↶	↑	↷	↶	↶	↑	↷					
10:00 - 10:15	24	32	0	0	10	105	1	0	2	120	7	0	1	35	14	0	1	1	0	0	1	1	0	0	2	10	2	0	1	20	2	0				
10:15 - 10:30	28	33	0	0	12	107	1	0	3	122	7	0	1	36	12	0	1	1	0	0	1	1	0	0	2	8	1	0	1	16	2	0				
10:30 - 10:45	29	23	0	0	12	75	1	0	3	85	5	0	1	25	10	0	1	0	0	0	1	1	0	0	2	8	1	0	1	15	2	0				
10:45 - 11:00	25	24	0	0	11	79	2	0	2	90	14	0	1	26	27	0	1	1	0	0	1	1	0	0	2	8	2	0	1	16	1	0				
11:00 - 11:15	33	23	1	0	14	77	0	0	3	87	4	0	1	26	7	0	1	0	0	0	1	1	0	0	2	6	1	0	1	12	2	0				
11:15 - 11:30	34	25	1	0	14	81	0	0	3	92	4	0	1	27	7	0	1	0	0	0	1	1	0	0	2	5	2	0	1	10	2	0				
11:30 - 11:45	33	28	1	0	14	90	0	0	3	103	3	0	1	30	6	0	1	0	0	0	1	1	0	0	2	6	2	0	1	11	3	0				
11:45 - 12:00	38	29	1	0	16	96	0	0	3	109	3	0	1	32	5	0	1	0	0	0	1	1	0	0	2	6	3	0	1	12	4	0				
12:00 - 12:15	39	28	1	0	16	91	0	0	4	104	4	0	1	30	7	0	1	0	0	0	1	1	0	0	2	4	1	0	1	9	2	0				
12:15 - 12:30	42	30	1	0	17	100	0	0	4	114	2	0	1	33	4	0	1	0	0	0	2	0	0	0	3	4	2	0	2	7	3	0				
12:30 - 12:45	45	26	1	0	19	85	0	0	4	97	3	0	1	28	6	0	1	0	0	0	2	1	0	0	3	5	1	0	2	10	1	0				
12:45 - 13:00	33	29	1	0	14	94	0	0	3	107	2	0	1	31	4	0	1	0	0	0	2	1	0	0	3	6	2	0	2	11	3	0				
17:00 - 17:15	36	32	1	0	15	103	0	0	3	118	2	0	1	34	4	0	1	0	0	0	2	1	0	0	3	7	2	0	2	14	3	0				
17:15 - 17:30	44	31	1	0	18	102	0	0	4	116	3	0	1	34	5	0	2	1	0	0	2	1	0	0	3	9	1	0	2	18	1	0				
17:30 - 17:45	42	50	1	0	17	165	1	0	4	188	10	0	1	55	20	0	2	0	0	0	2	1	0	0	3	7	3	0	2	13	4	0				
17:45 - 18:00	38	52	1	0	16	171	1	0	3	195	10	0	1	57	18	0	1	1	0	0	2	1	0	0	3	9	2	0	2	17	3	0				
18:00 - 18:15	32	48	0	0	13	159	2	0	3	181	12	0	1	53	23	0	1	1	0	0	2	1	0	0	2	11	2	0	1	22	3	0				
18:15 - 18:30	27	50	0	0	11	162	1	0	2	185	11	0	1	54	20	0	1	1	0	0	1	1	0	0	2	9	1	0	1	18	2	0				
18:30 - 18:45	29	39	0	0	12	127	1	0	3	145	9	0	1	42	17	0	1	1	0	0	1	1	0	0	2	8	1	0	1	16	2	0				
18:45 - 19:00	34	40	1	0	14	130	1	0	3	148	8	0	1	43	15	0	1	1	0	0	1	1	0	0	2	9	2	0	1	18	3	0				
19:00 - 19:15	35	28	1	0	15	91	1	0	3	103	6	0	1	30	12	0	1	0	0	0	1	1	0	0	2	7	1	0	1	14	2	0				
19:15 - 19:30	31	29	0	0	13	96	2	0	3	109	17	0	1	32	32	0	1	0	0	0	1	1	0	0	2	6	2	0	1	11	3	0				
19:30 - 19:45	40	28	1	0	17	93	1	0	4	106	4	0	1	31	8	0	1	0	0	0	1	1	0	0	2	6	2	0	1	12	3	0				
19:45 - 20:00	41	30	1	0	17	98	1	0	4	112	4	0	1	33	8	0	1	0	0	0	1	1	0	0	2	7	3	0	1	14	5	0				

Anexo 3. Aforo Vehicular #1. (Fuente: Propia).

	Univseridad Peruana de Ciencias Aplicadas	Planilla de Aforo																												Pag.	01			
		Nombre del Proyecto																												Acceso					
		Propuesta de un sistema de semaforización para reducir el grado de saturación en las intersecciones de Av. Angamos Este con Av. República de Panamá, Av. Tomás Marsano y Av. Aviación; a través de la metodología del Ramp Metering.																												Grifo Dibós					
																														Revisión_0					
Fecha:	16/07/2018	Elaborado por:				Leonardo Basurto								Aprobado por:				Rodrigo Yzaguirre								Hora Inicio:				07:00		Hora Final:		13:00	
Horario	Vehículo N°3																Motocicleta																		
	Carril N°1				Carril N°2				Carril N°3				Carril N°4				Carril N°1				Carril N°2				Carril N°3				Carril N°4						
	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱			
10:00 - 10:15	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	5	2	0	0	2	5	0	0	0	6	1	0	0	2	1	0			
10:15 - 10:30	0	1	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	1	1	0	5	1	0	0	2	4	0	0	0	4	1	0	0	1	1	0			
10:30 - 10:45	0	1	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	1	1	0	4	1	0	0	1	4	0	0	0	5	0	0	0	1	0	0			
10:45 - 11:00	0	1	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	1	1	0	3	2	0	0	1	5	0	0	0	6	1	0	0	2	1	0			
11:00 - 11:15	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	3	2	0	0	1	5	0	0	0	6	0	0	0	2	0	0			
11:15 - 11:30	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	5	2	0	0	2	6	0	0	0	7	0	0	0	2	0	0			
11:30 - 11:45	0	1	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	7	2	0	0	2	7	0	0	1	8	1	0	0	2	1	0			
11:45 - 12:00	0	1	0	0	0	2	0	0	0	3	1	0	0	1	1	0	10	2	0	0	4	7	0	0	1	8	0	0	0	2	0	0			
12:00 - 12:15	0	1	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0	6	2	0	0	2	6	0	0	0	7	0	0	0	2	0	0			
12:15 - 12:30	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2	1	0	0	0	1	0	8	2	0	0	3	6	0	0	1	7	0	0	0	2	0	0			
12:30 - 12:45	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	2	2	0	0	1	5	0	0	0	6	0	0	0	2	1	0			
12:45 - 13:00	0	1	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	1	1	0	3	1	0	0	1	5	0	0	0	5	0	0	0	2	0	0			
17:00 - 17:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2	0	0	2	8	0	0	0	9	0	0	0	3	0	0			
17:15 - 17:30	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	5	2	0	0	2	6	0	0	0	7	1	0	0	2	1	0			
17:30 - 17:45	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	4	2	0	0	2	7	0	0	0	8	0	0	0	2	0	0			
17:45 - 18:00	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	3	2	0	0	1	6	0	0	0	6	0	0	0	2	0	0			
18:00 - 18:15	0	1	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	5	2	0	0	2	6	0	0	0	7	1	0	0	2	1	0			
18:15 - 18:30	0	1	0	0	0	2	0	0	0	3	0	0	0	1	1	0	5	1	0	0	2	4	0	0	0	5	1	0	0	1	1	0			
18:30 - 18:45	0	1	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	1	1	0	5	1	0	0	2	5	0	0	0	5	0	0	0	2	0	0			
18:45 - 19:00	0	1	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	1	1	0	4	2	0	0	1	6	0	0	0	6	1	0	0	2	1	0			
19:00 - 19:15	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	3	2	0	0	1	6	0	0	0	6	0	0	0	2	0	0			
19:15 - 19:30	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	5	2	0	0	2	7	0	0	0	8	0	0	0	2	0	0			
19:30 - 19:45	0	1	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	8	2	0	0	3	8	0	0	1	9	1	0	0	3	1	0			
19:45 - 20:00	0	1	0	0	0	3	0	0	0	3	1	0	0	1	1	0	11	2	0	0	4	8	0	0	1	9	0	0	0	3	0	0			

Anexo 4. Aforo Vehicular #2. (Fuente: Propia).

	Univseridad Peruana de Ciencias Aplicadas	Planilla de Aforo												Pag.	05	
		Nombre del Proyecto												Acceso		
		Propuesta de un sistema de semaforización para reducir el grado de saturación en las intersecciones de Av. Angamos Este con Av. República de Panamá, Av. Tomás Marsano y Av. Aviación; a través de la metodología del Ramp Metering.												Grifo Dibós		
														Revisión_0		
Fecha:	16/07/2018	Elaborado por:				Leonardo Basurto				Hora Trabajo:						
		Aprobado por:				Rodrigo Yzaguirre				07:00 - 13:00						
Horario	Bicicleta															
	Carril N°1				Carril N°2				Carril N°3				Carril N°4			
	↶	↑	↷	↷	↶	↑	↷	↷	↶	↑	↷	↷	↶	↑	↷	↷
10:00 - 10:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10:15 - 10:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10:30 - 10:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10:45 - 11:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11:00 - 11:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11:15 - 11:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11:30 - 11:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11:45 - 12:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12:00 - 12:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12:15 - 12:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12:30 - 12:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12:45 - 13:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17:00 - 17:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
17:15 - 17:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
17:30 - 17:45	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
17:45 - 18:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
18:00 - 18:15	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18:15 - 18:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18:30 - 18:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18:45 - 19:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19:00 - 19:15	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19:15 - 19:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19:30 - 19:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19:45 - 20:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Anexo 5. Aforo Vehicular #3. (Fuente: Propia).

• Acceso “Farmacia Mi Farma” - Intersección Av. Angamos Este con Av. Aviación

Univseridad Peruana de Ciencias Aplicadas	Planilla de Aforo																		Pag.	01
		Nombre del Proyecto																		Acceso	
		Propuesta de un sistema de semaforización para reducir el grado de saturación en las intersecciones de Av. Angamos Este con Av. República de Panamá, Av. Tomás Marsano y Av. Aviación; a través de la metodología del Ramp Metering.																		Farmacia "Mi Farma"	
																				Revisión_0	
Fecha:	16/07/2018	Elaborado por:	Leonardo Basurto						Aprobado por:	Rodrigo Yzaguirre						Hora Inicio:	07:00	Hora Final:	13:00		
Horario	Vehículo N°2																				
	Carril N°1				Carril N°2				Carril N°3				Carril N°4				Carril N°5				
	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	
10:00 - 10:15	1	2	0	0	0	5	0	0	1	10	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	
10:15 - 10:30	0	2	0	0	0	5	0	0	0	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
10:30 - 10:45	1	2	0	0	0	4	0	0	1	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
10:45 - 11:00	0	2	0	0	1	4	0	0	0	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
11:00 - 11:15	1	2	0	0	0	4	0	0	0	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
11:15 - 11:30	0	2	0	0	0	4	0	0	1	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
11:30 - 11:45	1	2	0	0	1	4	0	0	0	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
11:45 - 12:00	0	2	0	0	0	5	0	0	0	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
12:00 - 12:15	0	2	0	0	0	6	0	0	1	12	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	
12:15 - 12:30	1	3	0	0	0	8	0	0	0	14	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	
12:30 - 12:45	0	3	0	0	0	7	0	0	1	14	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	
12:45 - 13:00	0	2	0	0	0	5	0	0	0	10	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	
17:00 - 17:15	1	2	0	0	2	6	0	0	4	19	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	
17:15 - 17:30	3	2	0	0	2	6	0	0	3	17	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	
17:30 - 17:45	2	2	0	0	2	6	0	0	2	18	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	
17:45 - 18:00	2	2	0	0	1	6	0	0	2	17	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	
18:00 - 18:15	1	2	0	0	1	6	0	0	1	11	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	
18:15 - 18:30	2	2	0	0	2	5	0	0	1	10	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
18:30 - 18:45	1	2	0	0	1	5	0	0	0	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
18:45 - 19:00	1	2	0	0	0	5	0	0	1	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
19:00 - 19:15	1	2	0	0	0	5	0	0	1	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
19:15 - 19:30	0	2	0	0	0	5	0	0	0	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
19:30 - 19:45	0	2	0	0	0	5	0	0	0	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
19:45 - 20:00	0	2	0	0	0	5	0	0	0	10	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	

Anexo 6. Aforo Vehicular #4. (Fuente: Propia).

Univ er idad Peruana de Ciencias Aplicadas	Planilla de Aforo																		Pag.	01
		Nombre del Proyecto																		Acceso	
		Propuesta de un sistema de semaforización para reducir el grado de saturación en las intersecciones de Av. Angamos Este con Av. República de Panamá, Av. Tomás Marsano y Av. Aviación; a través de la metodología del Ramp Metering.																		Firmacia "Mi Farma"	
Fecha:	16/07/2018	Elaborado por:	Leonardo Basurto						Aprobado por:	Rodrigo Yzaguirre						Hora Inicio:	07:00	Hora Final:	13:00		
Horario	Vehículo Nº3																				
	Carril Nº1				Carril Nº2				Carril Nº3				Carril Nº4				Carril Nº5				
	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	
10:00 - 10:15	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10:15 - 10:30	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10:30 - 10:45	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10:45 - 11:00	1	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11:00 - 11:15	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11:15 - 11:30	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11:30 - 11:45	2	1	0	0	1	2	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
11:45 - 12:00	2	1	0	0	1	2	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
12:00 - 12:15	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12:15 - 12:30	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12:30 - 12:45	1	0	0	0	1	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12:45 - 13:00	1	1	0	0	1	2	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
17:00 - 17:15	2	1	0	0	1	3	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
17:15 - 17:30	1	1	0	0	1	2	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
17:30 - 17:45	1	1	0	0	1	3	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
17:45 - 18:00	1	1	0	0	1	3	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
18:00 - 18:15	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
18:15 - 18:30	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
18:30 - 18:45	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
18:45 - 19:00	1	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19:00 - 19:15	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19:15 - 19:30	2	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19:30 - 19:45	2	1	0	0	1	2	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
19:45 - 20:00	2	1	0	0	1	2	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	

Anexo 7. Aforo Vehicular #5. (Fuente: Propia).

Univseridad Peruana de Ciencias Aplicadas	Planilla de Aforo																		Pag.	01
		Nombre del Proyecto																		Acceso	
		Propuesta de un sistema de semaforización para reducir el grado de saturación en las intersecciones de Av. Angamos Este con Av. República de Panamá, Av. Tomás Marsano y Av. Aviación; a través de la metodología del Ramp Metering.																		Firmacia "Mi Fama"	
																				Revisión_0	
Fecha:	16/07/2018	Elaborado por:	Leonardo Basurto						Aprobado por:	Rodrigo Yzaguirre						Hora Inicio:	07:00	Hora Final:	13:00		
Horario	Motocicleta																				
	Carril N°1				Carril N°2				Carril N°3				Carril N°4				Carril N°5				
	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	
10:00 - 10:15	4	1	0	0	2	5	0	0	0	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
10:15 - 10:30	4	1	0	0	2	4	0	0	0	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
10:30 - 10:45	3	1	0	0	2	4	0	0	0	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
10:45 - 11:00	3	1	0	0	1	4	0	0	0	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
11:00 - 11:15	3	1	0	0	2	4	0	0	0	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
11:15 - 11:30	4	1	0	0	2	4	0	0	0	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
11:30 - 11:45	3	1	0	0	2	4	0	0	0	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
11:45 - 12:00	3	1	0	0	1	4	0	0	0	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
12:00 - 12:15	3	1	0	0	1	4	0	0	0	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
12:15 - 12:30	5	1	0	0	2	6	0	0	0	7	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	
12:30 - 12:45	5	1	0	0	2	6	0	0	0	7	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	
12:45 - 13:00	5	1	0	0	2	6	0	0	0	7	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	
17:00 - 17:15	3	1	0	0	2	4	0	0	0	5	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	
17:15 - 17:30	4	1	0	0	2	4	0	0	0	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
17:30 - 17:45	4	1	0	0	2	5	0	0	0	6	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	
17:45 - 18:00	5	2	0	0	2	6	0	0	0	7	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	
18:00 - 18:15	5	1	0	0	2	5	0	0	0	6	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	
18:15 - 18:30	4	1	0	0	2	5	0	0	0	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
18:30 - 18:45	4	1	0	0	2	4	0	0	0	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
18:45 - 19:00	4	1	0	0	2	4	0	0	0	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
19:00 - 19:15	4	1	0	0	2	4	0	0	0	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
19:15 - 19:30	4	1	0	0	2	5	0	0	0	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
19:30 - 19:45	4	1	0	0	2	4	0	0	0	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
19:45 - 20:00	4	1	0	0	2	4	0	0	0	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	

Anexo 8. Aforo Vehicular #6. (Fuente: Propia).

Univseridad Peruana de Ciencias Aplicadas	Planilla de Aforo																		Pag.	01
		Nombre del Proyecto																		Acceso	
		Propuesta de un sistema de semaforización para reducir el grado de saturación en las intersecciones de Av. Angamos Este con Av. República de Panamá, Av. Tomás Marsano y Av. Aviación; a través de la metodología del Ramp Metering.																		Firmacia "Mi Farma"	
																				Revisión_0	
Fecha:	16/07/2018	Elaborado por:	Leonardo Basurto						Aprobado por:	Rodrigo Yzaguirre						Hora Inicio:	07:00	Hora Final:	13:00		
Horario	Bicicleta																				
	Carril N°1				Carril N°2				Carril N°3				Carril N°4				Carril N°5				
	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	
10:00 - 10:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10:15 - 10:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10:30 - 10:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10:45 - 11:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11:00 - 11:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11:15 - 11:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
11:30 - 11:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11:45 - 12:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12:00 - 12:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12:15 - 12:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12:30 - 12:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12:45 - 13:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
17:00 - 17:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	
17:15 - 17:30	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
17:30 - 17:45	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
17:45 - 18:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
18:00 - 18:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
18:15 - 18:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
18:30 - 18:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
18:45 - 19:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19:00 - 19:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19:15 - 19:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19:30 - 19:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19:45 - 20:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Anexo 9. Aforo Vehicular #7. (Fuente: Propia).

• Acceso “Estación de Bicicletas” - Intersección Av. Angamos Este con Av. Aviación

	Univseridad Peruana de Ciencias Aplicadas	Planilla de Aforo																				Pag.	01								
		Nombre del Proyecto																				Acceso										
		Propuesta de un sistema de semaforización para reducir el grado de saturación en las intersecciones de Av. Angamos Este con Av. República de Panamá, Av. Tomás Marsano y Av. Aviación; a través de la metodología del Ramp Metering.																				Central de Bicicletas										
																						Revisión_0										
Fecha:	16/07/2018	Elaborado por:	Leonardo Basurto										Aprobado por:	Rodrigo Yzaguirre								Hora Inicio:	07:00	Hora Final:	13:00							
Horario	Vehículo N°1																Vehículo N°2															
	Carril N°1				Carril N°2				Carril N°3				Carril N°4				Carril N°1				Carril N°2				Carril N°3				Carril N°4			
	↶	↑	↷	↶	↶	↑	↷	↶	↶	↑	↷	↶	↶	↑	↷	↶	↶	↑	↷	↶	↶	↑	↷	↶	↶	↑	↷	↶	↶	↑	↷	
10:00 - 10:15	70	31	1	0	24	103	1	0	5	117	11	0	2	34	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	7	0	0	
10:15 - 10:30	99	30	1	0	34	98	1	0	7	112	8	0	3	33	15	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5	0	0	0	9	0	0	
10:30 - 10:45	96	27	1	0	33	88	1	0	7	100	7	0	3	29	14	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5	0	0	0	8	0	0	
10:45 - 11:00	86	27	1	0	30	89	1	0	6	102	8	0	2	30	14	0	0	0	0	0	0	1	0	0	4	0	0	0	8	0	0	
11:00 - 11:15	90	28	1	0	31	91	1	0	7	104	8	0	3	30	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	6	0	0	
11:15 - 11:30	96	30	1	0	33	98	1	0	7	112	9	0	3	33	18	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5	0	0	0	8	0	0	
11:30 - 11:45	98	32	1	0	34	105	1	0	7	120	10	0	3	35	19	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5	0	0	0	9	0	0	
11:45 - 12:00	101	34	1	0	35	110	1	0	7	126	11	0	3	37	21	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5	0	0	0	9	0	0	
12:00 - 12:15	92	34	1	0	32	112	1	0	7	128	12	0	3	37	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	5	0	0	
12:15 - 12:30	87	36	1	0	30	119	1	0	6	135	9	0	3	40	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	6	0	0	
12:30 - 12:45	68	39	1	0	24	127	1	0	5	144	11	0	2	42	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	5	0	0	
12:45 - 13:00	72	30	1	0	25	97	2	0	5	111	18	0	2	32	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	4	0	0	
17:00 - 17:15	90	28	1	0	31	91	1	0	7	104	8	0	3	30	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	6	0	0	
17:15 - 17:30	96	30	1	0	33	98	1	0	7	112	9	0	3	33	18	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5	0	0	0	8	0	0	
17:30 - 17:45	98	32	1	0	34	105	1	0	7	120	10	0	3	35	19	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5	0	0	0	9	0	0	
17:45 - 18:00	101	34	1	0	35	110	1	0	7	126	11	0	3	37	21	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5	0	0	0	9	0	0	
18:00 - 18:15	92	34	1	0	32	112	1	0	7	128	12	0	3	37	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	5	0	0	
18:15 - 18:30	87	36	1	0	30	119	1	0	6	135	9	0	3	40	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	6	0	0	
18:30 - 18:45	68	39	1	0	24	127	1	0	5	144	11	0	2	42	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	5	0	0	
18:45 - 19:00	72	30	1	0	25	97	2	0	5	111	18	0	2	32	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	4	0	0	
19:00 - 19:15	74	33	1	0	26	108	1	0	5	123	11	0	2	36	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	4	0	0	
19:15 - 19:30	104	31	2	0	36	103	1	0	8	117	8	0	3	34	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	7	0	0	
19:30 - 19:45	101	28	1	0	35	92	1	0	7	105	8	0	3	31	14	0	0	0	0	0	0	1	0	0	6	0	0	0	10	0	0	
19:45 - 20:00	90	29	1	0	31	94	1	0	7	107	8	0	3	31	15	0	0	0	0	0	0	1	0	0	4	0	0	0	8	0	0	

Anexo 10. Aforo Peatonal #8. (Fuente: Propia).

	Univseridad Peruana de Ciencias Aplicadas	Planilla de Aforo																												Pag.	01		
		Nombre del Proyecto																												Acceso				
		Propuesta de un sistema de semaforización para reducir el grado de saturación en las intersecciones de Av. Angamos Este con Av. República de Panamá, Av. Tomás Marsano y Av. Aviación; a través de la metodología del Ramp Metering.																												Central de Bicicletas				
																														Revisión_0				
Fecha:	16/07/2018	Elaborado por:				Leonardo Basurto								Aprobado por:				Rodrigo Yzaguirre								Hora Inicio:				07:00		Hora Final:	13:00	
Horario	Vehículo N°3																Motocicleta																	
	Carril N°1				Carril N°2				Carril N°3				Carril N°4				Carril N°1				Carril N°2				Carril N°3				Carril N°4					
	↶	↑	↷	↶	↶	↑	↷	↶	↶	↑	↷	↶	↶	↑	↷	↶	↑	↷	↶	↶	↑	↷	↶	↶	↑	↷	↶	↶	↑	↷				
10:00 - 10:15	1	1	0	0	1	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0				
10:15 - 10:30	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	1	0			
10:30 - 10:45	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0			
10:45 - 11:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	2	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0			
11:00 - 11:15	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	2	0	0	0	3	0	0	0	1	1			
11:15 - 11:30	2	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	3			
11:30 - 11:45	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	2	0	0	0	3	0	0	0	1	0			
11:45 - 12:00	1	1	0	0	1	2	0	0	0	2	1	0	0	1	1	0	0	0	0	2	0	0	0	2	1	0	0	0	1	1	0			
12:00 - 12:15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	3	0	0	0	1	0			
12:15 - 12:30	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	2	0	0	0	3	0	0	0	1	1			
12:30 - 12:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	2	0	0	0	3	1	0	0	1	1			
12:45 - 13:00	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	3	0	0	0	3	0	0	0	1	0			
17:00 - 17:15	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	2	0	0	0	3	0	0	0	1	1			
17:15 - 17:30	2	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	3			
17:30 - 17:45	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	3	0	0	0	0	1	0			
17:45 - 18:00	1	1	0	0	1	2	0	0	0	2	1	0	0	1	1	0	0	0	0	2	0	0	0	2	1	0	0	0	1	1	0			
18:00 - 18:15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	3	0	0	0	1	0			
18:15 - 18:30	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	3	0	0	0	1	1			
18:30 - 18:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	2	0	0	0	3	1	0	0	1	1			
18:45 - 19:00	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	3	0	0	0	3	0	0	0	1	0			
19:00 - 19:15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	0	0	0	4	0	0	0	1	1			
19:15 - 19:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	2	0	0	0	3	1	0	0	1	1			
19:30 - 19:45	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0	1	1			
19:45 - 20:00	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	3	2	0	0	0	1	3			

Anexo 11. Aforo Vehicular #9. (Fuente: Propia).

	Univseridad Peruana de Ciencias Aplicadas	Planilla de Aforo												Pag.	05	
		Nombre del Proyecto												Acceso		
		Propuesta de un sistema de semaforización para reducir el grado de saturación en las intersecciones de Av. Angamos Este con Av. República de Panamá, Av. Tomás Marsano y Av. Aviación; a través de la metodología del Ramp Metering.												Central de Bicicletas		
														Revisión_0		
Fecha:	16/07/2018	Elaborado por:			Leonardo Basurto			Hora Trabajo:								
		Aprobado por:			Rodrigo Yzaguirre			07:00 - 13:00								
Horario	Bicicleta															
	Carril N°1				Carril N°2				Carril N°3				Carril N°4			
	↶	↑	↷	↶	↶	↑	↷	↶	↶	↑	↷	↶	↶	↑	↷	↶
10:00 - 10:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10:15 - 10:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10:30 - 10:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10:45 - 11:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11:00 - 11:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11:15 - 11:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11:30 - 11:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11:45 - 12:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12:00 - 12:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12:15 - 12:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12:30 - 12:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12:45 - 13:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
17:00 - 17:15	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
17:15 - 17:30	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
17:30 - 17:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0
17:45 - 18:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
18:00 - 18:15	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
18:15 - 18:30	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18:30 - 18:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
18:45 - 19:00	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
19:00 - 19:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
19:15 - 19:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19:30 - 19:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19:45 - 20:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Anexo 12. Aforo Vehicular #10. (Fuente: Propia).

• Acceso “Clínica Neoplásicas” - Intersección Av. Angamos Este con Av. Aviación

	Univseridad Peruana de Ciencias Aplicadas	Planilla de Aforo																								Pag.	01					
		Nombre del Proyecto																								Acceso						
		Propuesta de un sistema de semaforización para reducir el grado de saturación en las intersecciones de Av. Angamos Este con Av. República de Panamá, Av. Tomás Marsano y Av. Aviación; a través de la metodología del Ramp Metering.																								Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas						
																										Revisión_0						
Fecha:	16/07/2018	Elaborado por:				Leonardo Basurto								Aprobado por:				Rodrigo Yzaguirre								Hora Inicio:				07:00	Hora Final:	13:00
Horario	Vehículo N°1																Vehículo N°2															
	Carril N°1				Carril N°2				Carril N°3				Carril N°4				Carril N°1				Carril N°2				Carril N°3				Carril N°4			
	↶	↑	↷	↶	↶	↑	↷	↶	↶	↑	↷	↶	↶	↑	↷	↶	↶	↑	↷	↶	↶	↑	↷	↶	↶	↑	↷	↶	↶	↑	↷	
10:00 - 10:15	19	8	0	0	7	25	1	0	1	28	3	0	1	8	6	0	1	0	0	0	2	1	0	0	3	5	0	0	4	10	0	0
10:15 - 10:30	18	8	0	0	6	27	1	0	1	30	3	0	1	9	6	0	1	0	0	0	2	1	0	0	3	5	0	0	4	10	0	0
10:30 - 10:45	19	9	0	0	6	28	1	0	1	32	3	0	1	9	6	0	1	0	0	0	2	1	0	0	3	5	0	0	4	9	0	0
10:45 - 11:00	23	8	0	0	8	28	2	0	2	32	4	0	1	9	7	0	1	0	0	0	2	1	0	0	3	6	0	0	4	11	0	0
11:00 - 11:15	32	9	0	0	11	30	1	0	2	34	3	0	1	10	6	0	1	0	0	0	2	1	0	0	3	5	0	0	4	10	0	0
11:15 - 11:30	29	10	0	0	10	33	1	0	2	38	3	0	1	11	6	0	1	0	0	0	2	1	0	0	3	5	0	0	4	9	0	0
11:30 - 11:45	30	11	0	0	10	36	1	0	2	41	4	0	1	12	7	0	1	0	0	0	3	1	0	0	4	6	0	0	5	10	0	0
11:45 - 12:00	26	11	0	0	9	35	1	0	2	39	4	0	1	12	8	0	1	0	0	0	2	1	0	0	3	4	0	0	3	8	0	0
12:00 - 12:15	24	12	0	0	8	40	2	0	2	45	4	0	1	13	7	0	1	0	0	0	3	1	0	0	4	5	0	0	5	10	0	0
12:15 - 12:30	26	12	0	0	9	38	2	0	2	43	4	0	1	13	9	0	1	0	0	0	3	1	0	0	5	5	0	0	6	10	0	0
12:30 - 12:45	32	11	0	0	11	35	2	0	2	39	4	0	1	12	8	0	1	0	0	0	3	1	0	0	4	5	0	0	5	8	0	0
12:45 - 13:00	34	14	0	0	12	45	2	0	2	52	4	0	1	15	8	0	1	0	0	0	3	0	0	0	5	4	0	0	6	7	0	0
17:00 - 17:15	36	13	0	0	12	42	1	0	3	48	2	0	1	14	5	0	1	0	0	0	3	1	0	0	5	6	0	0	6	11	0	0
17:15 - 17:30	36	11	1	0	12	37	2	0	3	42	3	0	1	12	7	0	1	0	0	0	2	1	0	0	3	5	0	0	4	9	0	0
17:30 - 17:45	38	14	1	0	13	44	2	0	3	50	1	0	1	15	7	0	1	0	0	0	4	1	0	0	5	5	0	0	7	9	0	0
17:45 - 18:00	33	11	0	0	11	34	2	0	2	39	2	0	1	11	6	0	1	0	0	0	3	1	0	0	4	5	0	0	5	9	0	0
18:00 - 18:15	21	8	0	0	7	27	2	0	2	31	2	0	1	9	5	0	1	0	0	0	2	1	0	0	4	6	0	0	4	11	0	0
18:15 - 18:30	20	9	0	0	7	29	1	0	1	33	2	0	1	10	5	0	1	0	0	0	2	1	0	0	3	6	0	0	4	11	0	0
18:30 - 18:45	21	10	0	0	7	31	1	0	1	36	2	0	1	10	5	0	1	0	0	0	2	1	0	0	3	6	0	0	4	10	0	0
18:45 - 19:00	26	9	0	0	9	31	2	0	2	35	2	0	1	10	6	0	1	0	0	0	2	1	0	0	3	7	0	0	4	13	0	0
19:00 - 19:15	35	10	1	0	12	33	1	0	3	38	2	0	1	11	5	0	1	0	0	0	2	1	0	0	3	6	0	0	4	11	0	0
19:15 - 19:30	32	11	0	0	11	37	1	0	2	42	2	0	1	12	5	0	1	0	0	0	2	1	0	0	4	6	0	0	4	10	0	0
19:30 - 19:45	33	12	0	0	11	39	0	0	2	45	3	0	1	13	6	0	1	0	0	0	3	1	0	0	4	6	0	0	5	11	0	0
19:45 - 20:00	29	12	0	0	10	38	1	0	2	43	3	0	1	13	7	0	1	0	0	0	2	1	0	0	3	5	0	0	3	9	0	0

Anexo 13. Aforo Vehicular #11. (Fuente: Propia).

	Univseridad Peruana de Ciencias Aplicadas	Planilla de Aforo																								Pag.	01				
		Nombre del Proyecto																								Acceso						
		Propuesta de un sistema de semaforización para reducir el grado de saturación en las intersecciones de Av. Angamos Este con Av. República de Panamá, Av. Tomás Marsano y Av. Aviación; a través de la metodología del Ramp Metering.																								Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas						
																										Revisión_0						
Fecha:	16/07/2018	Elaborado por:	Leonardo Basurto								Aprobado por:	Rodrigo Yzaguirre								Hora Inicio:	07:00	Hora Final:	13:00									
Horario	Vehículo N°3																Motocicleta															
	Carril N°1				Carril N°2				Carril N°3				Carril N°4				Carril N°1				Carril N°2				Carril N°3				Carril N°4			
	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱				
10:00 - 10:15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0
10:15 - 10:30	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	1	1	0	
10:30 - 10:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	2	0	0	0	2	1	0	0	1	1	0	
10:45 - 11:00	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0	
11:00 - 11:15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	1	1	0	
11:15 - 11:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	2	0	0	0	2	1	0	0	1	1	0	
11:30 - 11:45	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	1	1	0	
11:45 - 12:00	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	2	0	0	0	2	2	0	0	1	3	0	
12:00 - 12:15	1	0	0	0	1	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
12:15 - 12:30	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	
12:30 - 12:45	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	
12:45 - 13:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	
17:00 - 17:15	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	2	0	0	0	3	0	0	0	1	1	0	
17:15 - 17:30	2	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	3	0
17:30 - 17:45	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	2	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0	
17:45 - 18:00	1	1	0	0	1	2	0	0	0	2	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	1	0	0	1	1	0	
18:00 - 18:15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0	
18:15 - 18:30	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	2	0	0	0	3	0	0	0	1	1	0	
18:30 - 18:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	2	0	0	0	2	1	0	0	1	1	0	
18:45 - 19:00	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0	
19:00 - 19:15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	0	0	0	4	0	0	0	1	1	0	
19:15 - 19:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	2	0	0	0	3	1	0	0	1	1	0	
19:30 - 19:45	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	1	1	0	
19:45 - 20:00	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	2	0	0	0	3	2	0	0	1	3	0	

Anexo 14. Aforo Vehicular #12. (Fuente: Propia).

	Univseridad Peruana de Ciencias Aplicadas	Planilla de Aforo			Pag.	05
		Nombre del Proyecto			Acceso	
		Propuesta de un sistema de semaforización para reducir el grado de saturación en las intersecciones de Av. Angamos Este con Av. República de Panamá, Av. Tomás Marsano y Av. Aviación; a través de la metodología del Ramp Metering.			Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas	
					Revisión_0	
Fecha:	16/07/2018	Elaborado por:	Leonardo Basurto	Hora Trabajo:		
		Aprobado por:	Rodrigo Yzaguirre	07:00 - 13:00		

Horario	Bicicleta															
	Carril N°1				Carril N°2				Carril N°3				Carril N°4			
	↶	↑	↷	↷	↶	↑	↷	↷	↶	↑	↷	↷	↶	↑	↷	↷
10:00 - 10:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10:15 - 10:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10:30 - 10:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10:45 - 11:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11:00 - 11:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11:15 - 11:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11:30 - 11:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11:45 - 12:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12:00 - 12:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12:15 - 12:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12:30 - 12:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12:45 - 13:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
17:00 - 17:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
17:15 - 17:30	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
17:30 - 17:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
17:45 - 18:00	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18:00 - 18:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
18:15 - 18:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18:30 - 18:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18:45 - 19:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19:00 - 19:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19:15 - 19:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19:30 - 19:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19:45 - 20:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Anexo 15. Aforo Vehicular #13. (Fuente: Propia).

• Acceso “Goodyear” - Intersección Av. Angamos Este con Av. Tomás Marsano

Univseridad Peruana de Ciencias Aplicadas	Planilla de Aforo																		Pag.	01
		Nombre del Proyecto																		Acceso	
		Propuesta de un sistema de semaforización para reducir el grado de saturación en las intersecciones de Av. Angamos Este con Av. República de Panamá, Av. Tomás Marsano y Av. Aviación; a través de la metodología del Ramp Metering.																		Goodyear	
																				Revisión_0	
Fecha:	16/07/2018	Elaborado por:	Leonardo Basurto						Aprobado por:	Rodrigo Yzaguirre						Hora Inicio:	07:00	Hora Final:	13:00		
Horario	Vehículo Nº1																				
	Carril Nº1				Carril Nº2				Carril Nº3				Carril Nº4				Carril Nº5				
	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	
10:00 - 10:15	20	41	0	0	5	36	0	0	2	25	0	0	1	24	0	0	0	22	0	0	
10:15 - 10:30	19	42	0	0	5	36	0	0	2	26	0	0	1	24	0	0	0	23	0	0	
10:30 - 10:45	16	43	0	0	4	37	0	0	2	26	0	0	0	25	1	0	0	23	3	0	
10:45 - 11:00	19	44	0	0	5	38	0	0	2	27	0	0	1	25	0	0	0	24	0	0	
11:00 - 11:15	21	45	0	0	5	38	0	0	2	27	0	0	1	26	0	0	0	24	0	0	
11:15 - 11:30	23	47	0	0	6	40	0	0	3	28	0	0	1	27	0	0	0	25	1	0	
11:30 - 11:45	26	47	0	0	6	41	0	0	3	29	0	0	1	27	0	0	0	25	1	0	
11:45 - 12:00	30	40	0	0	8	34	0	0	3	24	0	0	1	23	0	0	0	21	0	0	
12:00 - 12:15	40	45	0	0	10	39	0	0	5	28	0	0	1	26	0	0	1	24	0	0	
12:15 - 12:30	35	46	0	0	9	40	0	0	4	28	0	0	1	26	0	0	0	25	0	0	
12:30 - 12:45	41	43	0	0	10	37	0	0	5	26	0	0	1	24	0	0	1	23	1	0	
12:45 - 13:00	40	44	0	0	10	37	0	0	4	27	0	0	1	25	0	0	1	23	1	0	
17:00 - 17:15	45	53	0	0	12	46	0	0	5	32	0	0	1	30	0	0	1	29	1	0	
17:15 - 17:30	48	47	0	0	12	41	0	0	5	29	0	0	1	27	0	0	1	25	0	0	
17:30 - 17:45	50	50	0	0	13	43	0	0	6	30	0	0	1	29	0	0	1	27	0	0	
17:45 - 18:00	45	48	0	0	11	41	0	0	5	29	0	0	1	27	0	0	1	26	0	0	
18:00 - 18:15	21	46	0	0	5	39	0	0	2	28	0	0	1	26	0	0	0	24	1	0	
18:15 - 18:30	21	47	0	0	5	40	0	0	2	28	0	0	1	27	0	0	0	25	1	0	
18:30 - 18:45	18	48	0	0	5	41	0	0	2	29	0	0	1	27	0	0	0	26	0	0	
18:45 - 19:00	21	49	0	0	5	42	0	0	2	30	0	0	1	28	0	0	0	26	0	0	
19:00 - 19:15	23	49	0	0	6	42	0	0	3	30	0	0	1	28	0	0	0	26	1	0	
19:15 - 19:30	26	52	0	0	7	44	0	0	3	31	0	0	1	29	0	0	0	28	0	0	
19:30 - 19:45	28	52	0	0	7	45	0	0	3	32	0	0	1	30	0	0	0	28	1	0	
19:45 - 20:00	33	44	0	0	8	37	0	0	4	27	0	0	1	25	0	0	0	23	0	0	

Anexo 16. Aforo Vehicular #14. (Fuente: Propia).

	Univseridad Peruana de Ciencias Aplicadas	Planilla de Aforo								Pag.	01
		Nombre del Proyecto								Acceso		
		Propuesta de un sistema de semaforización para reducir el grado de saturación en las intersecciones de Av. Angamos Este con Av. República de Panamá, Av. Tomás Marsano y Av. Aviación; a través de la metodología del Ramp Metering.								Goodyear		
										Revisión_0		
Fecha:	16/07/2018	Elaborado por:	Leonardo Basurto			Aprobado por:	Rodrigo Yzaguirre		Hora Inicio:	07:00	Hora Final:	13:00

Horario	Vehículo Nº2																			
	Carril Nº1				Carril Nº2				Carril Nº3				Carril Nº4				Carril Nº5			
	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱
10:00 - 10:15	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
10:15 - 10:30	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
10:30 - 10:45	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10:45 - 11:00	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
11:00 - 11:15	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
11:15 - 11:30	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11:30 - 11:45	0	2	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
11:45 - 12:00	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
12:00 - 12:15	0	2	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
12:15 - 12:30	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12:30 - 12:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12:45 - 13:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17:00 - 17:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17:15 - 17:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17:30 - 17:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17:45 - 18:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18:00 - 18:15	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
18:15 - 18:30	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
18:30 - 18:45	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18:45 - 19:00	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
19:00 - 19:15	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
19:15 - 19:30	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19:30 - 19:45	0	2	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
19:45 - 20:00	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0

Anexo 17. Aforo Vehicular #15. (Fuente: Propia).

Univseridad Peruana de Ciencias Aplicadas	Planilla de Aforo																		Pag.	01
		Nombre del Proyecto																		Acceso	
		Propuesta de un sistema de semaforización para reducir el grado de saturación en las intersecciones de Av. Angamos Este con Av. República de Panamá, Av. Tomás Marsano y Av. Aviación; a través de la metodología del Ramp Metering.																		Goodyear	
																				Revisión_0	
Fecha:	16/07/2018	Elaborado por:	Leonardo Basurto						Aprobado por:	Rodrigo Yzaguirre						Hora Inicio:	07:00	Hora Final:	13:00		
Horario	Vehículo Nº3																				
	Carril Nº1				Carril Nº2				Carril Nº3				Carril Nº4				Carril Nº5				
	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	
10:00 - 10:15	2	3	0	0	1	2	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
10:15 - 10:30	2	3	0	0	1	2	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
10:30 - 10:45	3	2	0	0	1	2	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
10:45 - 11:00	1	2	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
11:00 - 11:15	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11:15 - 11:30	2	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
11:30 - 11:45	2	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
11:45 - 12:00	3	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12:00 - 12:15	1	3	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	
12:15 - 12:30	2	4	0	0	1	3	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	
12:30 - 12:45	2	3	0	0	1	2	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
12:45 - 13:00	3	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
17:00 - 17:15	2	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
17:15 - 17:30	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
17:30 - 17:45	2	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
17:45 - 18:00	2	2	0	0	1	2	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
18:00 - 18:15	2	3	0	0	1	2	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
18:15 - 18:30	2	3	0	0	1	2	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
18:30 - 18:45	3	2	0	0	1	2	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
18:45 - 19:00	1	2	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
19:00 - 19:15	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19:15 - 19:30	2	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
19:30 - 19:45	2	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
19:45 - 20:00	3	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Anexo 18. Aforo Vehicular #16. (Fuente: Propia).

	Univseridad Peruana de Ciencias Aplicadas	Planilla de Aforo								Pag.	01
		Nombre del Proyecto								Acceso		
		Propuesta de un sistema de semaforización para reducir el grado de saturación en las intersecciones de Av. Angamos Este con Av. República de Panamá, Av. Tomás Marsano y Av. Aviación; a través de la metodología del Ramp Metering.								Goodyear		
										Revisión_0		
Fecha:	16/07/2018	Elaborado por:	Leonardo Basurto			Aprobado por:	Rodrigo Yzaguirre		Hora Inicio:	07:00	Hora Final:	13:00

Horario	Motocicleta																			
	Carril N°1				Carril N°2				Carril N°3				Carril N°4				Carril N°5			
	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱
10:00 - 10:15	1	3	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0
10:15 - 10:30	2	3	0	0	1	2	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0
10:30 - 10:45	1	4	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0
10:45 - 11:00	1	3	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0
11:00 - 11:15	2	3	0	0	1	3	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0
11:15 - 11:30	1	4	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0
11:30 - 11:45	2	4	0	0	1	3	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0
11:45 - 12:00	1	3	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0
12:00 - 12:15	3	3	0	0	1	2	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0
12:15 - 12:30	2	5	0	0	1	5	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0
12:30 - 12:45	1	5	0	0	0	5	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0
12:45 - 13:00	2	3	0	0	1	2	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0
17:00 - 17:15	3	3	0	0	1	3	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0
17:15 - 17:30	2	5	0	0	1	4	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0
17:30 - 17:45	1	4	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0
17:45 - 18:00	2	4	0	0	1	3	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0
18:00 - 18:15	1	4	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0
18:15 - 18:30	2	3	0	0	1	3	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0
18:30 - 18:45	1	4	0	0	0	4	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0
18:45 - 19:00	1	4	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0
19:00 - 19:15	2	4	0	0	1	3	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0
19:15 - 19:30	1	4	0	0	0	4	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0
19:30 - 19:45	2	4	0	0	1	4	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0
19:45 - 20:00	1	4	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0

Anexo 19. Aforo Vehicular #17. (Fuente: Propia).

	Univseridad Peruana de Ciencias Aplicadas	Planilla de Aforo								Pag.	01
		Nombre del Proyecto								Acceso		
		Propuesta de un sistema de semaforización para reducir el grado de saturación en las intersecciones de Av. Angamos Este con Av. República de Panamá, Av. Tomás Marsano y Av. Aviación; a través de la metodología del Ramp Metering.								Goodyear		
										Revisión_0		
Fecha:	16/07/2018	Elaborado por:	Leonardo Basurto			Aprobado por:	Rodrigo Yzaguirre		Hora Inicio:	07:00	Hora Final:	13:00

Horario	Bicicleta																			
	Carril Nº1				Carril Nº2				Carril Nº3				Carril Nº4				Carril Nº5			
	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱
10:00 - 10:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10:15 - 10:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10:30 - 10:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10:45 - 11:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11:00 - 11:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11:15 - 11:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
11:30 - 11:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11:45 - 12:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12:00 - 12:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12:15 - 12:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
12:30 - 12:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12:45 - 13:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17:00 - 17:15	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17:15 - 17:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
17:30 - 17:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17:45 - 18:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18:00 - 18:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18:15 - 18:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
18:30 - 18:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18:45 - 19:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19:00 - 19:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19:15 - 19:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
19:30 - 19:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19:45 - 20:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Anexo 20. Aforo Vehicular #18. (Fuente: Propia).

• Acceso “Central de Vigilancia” - Intersección Av. Angamos Este con Av. Tomás Marsano

Univseridad Peruana de Ciencias Aplicadas	Planilla de Aforo																		Pag.	01
		Nombre del Proyecto																		Acceso	
		Propuesta de un sistema de semaforización para reducir el grado de saturación en las intersecciones de Av. Angamos Este con Av. República de Panamá, Av. Tomás Marsano y Av. Aviación; a través de la metodología del Ramp Metering.																		Central de Video Vigilancia	
																				Revisión_0	
Fecha:	16/07/2018	Elaborado por:		Leonardo Basurto				Aprobado por:		Rodrigo Yzaguirre				Hora Inicio:		07:00	Hora Final:	13:00			
Horario	Vehículo N°1																				
	Carril N°1				Carril N°2				Carril N°3				Carril N°4				Carril N°5				
	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	
10:00 - 10:15	39	31	0	0	10	26	0	0	4	19	0	0	1	18	0	0	1	17	0	0	
10:15 - 10:30	39	29	0	0	10	25	0	0	4	18	0	0	1	16	1	0	1	15	1	0	
10:30 - 10:45	36	28	0	0	9	24	0	0	4	17	0	0	1	16	1	0	1	15	1	0	
10:45 - 11:00	36	30	0	0	9	25	0	0	4	18	0	0	1	17	0	0	1	16	0	0	
11:00 - 11:15	34	27	0	0	9	23	0	0	4	16	0	0	1	16	0	0	0	15	0	0	
11:15 - 11:30	31	26	0	0	8	23	0	0	3	16	0	0	1	15	1	0	0	14	1	0	
11:30 - 11:45	31	27	0	0	8	24	0	0	4	17	0	0	1	16	0	0	0	15	0	0	
11:45 - 12:00	28	29	0	0	7	25	0	0	3	18	0	0	1	16	1	0	0	15	1	0	
12:00 - 12:15	35	32	0	0	9	28	0	0	4	20	0	0	1	18	0	0	0	17	0	0	
12:15 - 12:30	46	33	0	0	12	28	0	0	5	20	0	0	1	19	0	0	1	18	0	0	
12:30 - 12:45	47	31	0	0	12	26	0	0	5	19	0	0	1	17	1	0	1	16	1	0	
12:45 - 13:00	28	32	0	0	7	28	0	0	3	20	0	0	1	18	0	0	0	17	0	0	
17:00 - 17:15	47	37	0	0	12	32	0	0	5	22	0	0	1	21	0	0	1	20	0	0	
17:15 - 17:30	43	39	0	0	11	34	0	0	5	24	0	0	1	23	0	0	1	21	1	0	
17:30 - 17:45	58	37	0	0	15	32	0	0	7	22	0	0	2	21	0	0	1	20	0	0	
17:45 - 18:00	53	36	0	0	13	30	0	0	6	22	0	0	1	20	0	0	1	19	0	0	
18:00 - 18:15	43	34	0	0	11	29	0	0	5	21	0	0	1	20	0	0	1	18	1	0	
18:15 - 18:30	43	32	0	0	11	27	0	0	5	19	0	0	1	18	0	0	1	17	0	0	
18:30 - 18:45	40	31	0	0	10	27	0	0	5	19	0	0	1	18	0	0	1	17	1	0	
18:45 - 19:00	40	33	0	0	10	28	0	0	4	20	0	0	1	19	0	0	1	18	0	0	
19:00 - 19:15	38	30	0	0	10	26	0	0	4	18	0	0	1	17	0	0	1	16	1	0	
19:15 - 19:30	33	29	0	0	8	25	0	0	4	18	0	0	1	17	0	0	0	16	0	0	
19:30 - 19:45	34	30	0	0	9	26	0	0	4	18	0	0	1	17	0	0	0	16	1	0	
19:45 - 20:00	31	29	0	0	8	24	0	0	3	17	0	0	1	16	0	0	0	15	1	0	

Anexo 21. Aforo Vehicular #19. (Fuente: Propia).

Univseridad Peruana de Ciencias Aplicadas	Planilla de Aforo																		Pag.	01
		Nombre del Proyecto																		Acceso	
		Propuesta de un sistema de semaforización para reducir el grado de saturación en las intersecciones de Av. Angamos Este con Av. República de Panamá, Av. Tomás Marsano y Av. Aviación; a través de la metodología del Ramp Metering.																		Central de Video Vigilancia	
																				Revisión_0	
Fecha:	16/07/2018	Elaborado por:	Leonardo Basurto						Aprobado por:	Rodrigo Yzaguirre						Hora Inicio:	07:00	Hora Final:	13:00		
Horario	Vehículo N°2																				
	Carril N°1				Carril N°2				Carril N°3				Carril N°4				Carril N°5				
	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	
10:00 - 10:15	2	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10:15 - 10:30	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10:30 - 10:45	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10:45 - 11:00	2	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11:00 - 11:15	3	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
11:15 - 11:30	3	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
11:30 - 11:45	5	2	0	0	1	2	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
11:45 - 12:00	5	2	0	0	1	2	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
12:00 - 12:15	5	2	0	0	1	2	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
12:15 - 12:30	4	2	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
12:30 - 12:45	4	2	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
12:45 - 13:00	3	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
17:00 - 17:15	8	3	0	0	2	3	0	0	1	2	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	
17:15 - 17:30	5	2	0	0	1	2	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
17:30 - 17:45	4	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
17:45 - 18:00	5	2	0	0	1	2	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
18:00 - 18:15	2	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
18:15 - 18:30	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
18:30 - 18:45	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
18:45 - 19:00	2	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19:00 - 19:15	3	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
19:15 - 19:30	3	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
19:30 - 19:45	5	2	0	0	1	2	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
19:45 - 20:00	5	2	0	0	1	2	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	

Anexo 22. Aforo Vehicular #20. (Fuente: Propia).

Univseridad Peruana de Ciencias Aplicadas	Planilla de Aforo																		Pag.	01
		Nombre del Proyecto																		Acceso	
		Propuesta de un sistema de semaforización para reducir el grado de saturación en las intersecciones de Av. Angamos Este con Av. República de Panamá, Av. Tomás Marsano y Av. Aviación; a través de la metodología del Ramp Metering.																		Central de Video Vigilancia	
																				Revisión_0	
Fecha:	16/07/2018	Elaborado por:		Leonardo Basurto				Aprobado por:		Rodrigo Yzaguirre				Hora Inicio:		07:00	Hora Final:	13:00			
Horario	Vehículo Nº3																				
	Carril Nº1				Carril Nº2				Carril Nº3				Carril Nº4				Carril Nº5				
	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	
10:00 - 10:15	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
10:15 - 10:30	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
10:30 - 10:45	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10:45 - 11:00	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
11:00 - 11:15	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
11:15 - 11:30	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11:30 - 11:45	4	2	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
11:45 - 12:00	3	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
12:00 - 12:15	2	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
12:15 - 12:30	16	1	0	0	4	1	0	0	2	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
12:30 - 12:45	2	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
12:45 - 13:00	2	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
17:00 - 17:15	1	2	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
17:15 - 17:30	4	3	0	0	1	3	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	
17:30 - 17:45	0	2	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
17:45 - 18:00	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
18:00 - 18:15	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
18:15 - 18:30	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
18:30 - 18:45	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
18:45 - 19:00	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
19:00 - 19:15	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
19:15 - 19:30	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19:30 - 19:45	4	2	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
19:45 - 20:00	3	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	

Anexo 23. Aforo Vehicular #21. (Fuente: Propia).

	Univseridad Peruana de Ciencias Aplicadas	Planilla de Aforo																Pag.	01	
		Nombre del Proyecto																Acceso		
		Propuesta de un sistema de semaforización para reducir el grado de saturación en las intersecciones de Av. Angamos Este con Av. República de Panamá, Av. Tomás Marsano y Av. Aviación; a través de la metodología del Ramp Metering.																Central de Video Vigilancia		
																		Revisión_0		
Fecha:	16/07/2018	Elaborado por:	Leonardo Basurto				Aprobado por:	Rodrigo Yzaguirre				Hora Inicio:		07:00	Hora Final:	13:00				
Horario	Motocicleta																			
	Carril N°1				Carril N°2				Carril N°3				Carril N°4				Carril N°5			
	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱
10:00 - 10:15	1	1	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10:15 - 10:30	0	1	0	0	2	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10:30 - 10:45	0	1	0	0	2	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10:45 - 11:00	1	1	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11:00 - 11:15	1	1	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11:15 - 11:30	1	1	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11:30 - 11:45	4	2	0	0	2	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11:45 - 12:00	3	1	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12:00 - 12:15	2	1	0	0	3	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
12:15 - 12:30	16	1	0	0	2	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12:30 - 12:45	2	1	0	0	2	2	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
12:45 - 13:00	2	1	0	0	2	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17:00 - 17:15	13	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17:15 - 17:30	12	1	0	0	3	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17:30 - 17:45	11	2	0	0	3	2	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
17:45 - 18:00	10	2	0	0	3	2	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
18:00 - 18:15	10	1	0	0	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18:15 - 18:30	10	1	0	0	3	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18:30 - 18:45	9	1	0	0	2	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18:45 - 19:00	9	1	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19:00 - 19:15	6	1	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19:15 - 19:30	6	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19:30 - 19:45	6	1	0	0	2	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19:45 - 20:00	9	1	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Anexo 24. Aforo Vehicular #22. (Fuente: Propia).

Univseridad Peruana de Ciencias Aplicadas	Planilla de Aforo																		Pag.	01
		Nombre del Proyecto																		Acceso	
		Propuesta de un sistema de semaforización para reducir el grado de saturación en las intersecciones de Av. Angamos Este con Av. República de Panamá, Av. Tomás Marsano y Av. Aviación; a través de la metodología del Ramp Metering.																		Central de Video Vigilancia	
																				Revisión_0	
Fecha:	16/07/2018	Elaborado por:	Leonardo Basurto						Aprobado por:	Rodrigo Yzaguirre						Hora Inicio:	07:00	Hora Final:	13:00		
Horario	Bicicleta																				
	Carril N°1				Carril N°2				Carril N°3				Carril N°4				Carril N°5				
	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	
10:00 - 10:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10:15 - 10:30	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10:30 - 10:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10:45 - 11:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11:00 - 11:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11:15 - 11:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11:30 - 11:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11:45 - 12:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12:00 - 12:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12:15 - 12:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
12:30 - 12:45	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	
12:45 - 13:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
17:00 - 17:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
17:15 - 17:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	
17:30 - 17:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
17:45 - 18:00	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
18:00 - 18:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
18:15 - 18:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
18:30 - 18:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
18:45 - 19:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
19:00 - 19:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
19:15 - 19:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19:30 - 19:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19:45 - 20:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Anexo 25. Aforo Vehicular #23. (Fuente: Propia).

• Acceso “Open Plaza” - Intersección Av. Angamos Este con Av. Tomás Marsano

Univseridad Peruana de Ciencias Aplicadas	Planilla de Aforo																		Pag.	01
		Nombre del Proyecto																		Acceso	
		Propuesta de un sistema de semaforización para reducir el grado de saturación en las intersecciones de Av. Angamos Este con Av. República de Panamá, Av. Tomás Marsano y Av. Aviación; a través de la metodología del Ramp Metering.																		Open Plaza	
																				Revisión 0	
Fecha:	16/07/2018	Elaborado por:	Leonardo Basurto						Aprobado por:	Rodrigo Yzaguirre						Hora Inicio:	07:00	Hora Final:	13:00		
Horario	Vehículo N°1																				
	Carril N°1				Carril N°2				Carril N°3				Carril N°4				Carril N°5				
	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	
10:00 - 10:15	50	57	1	0	13	49	1	0	6	35	6	0	1	33	13	0	1	31	50	0	
10:15 - 10:30	48	56	1	0	12	48	1	0	5	34	5	0	1	32	12	0	1	30	48	0	
10:30 - 10:45	47	55	1	0	12	47	1	0	5	33	5	0	1	32	12	0	1	30	47	0	
10:45 - 11:00	47	53	1	0	12	46	1	0	5	32	5	0	1	30	12	0	1	29	47	0	
11:00 - 11:15	45	51	1	0	11	44	1	0	5	31	5	0	1	29	11	0	1	27	45	0	
11:15 - 11:30	45	49	1	0	12	42	1	0	5	30	5	0	1	28	12	0	1	26	45	0	
11:30 - 11:45	46	47	1	0	12	40	1	0	5	29	5	0	1	27	12	0	1	25	46	0	
11:45 - 12:00	48	51	1	0	12	43	1	0	5	31	5	0	1	29	12	0	1	27	48	0	
12:00 - 12:15	53	55	1	0	14	48	2	0	6	34	6	0	2	32	14	0	1	30	53	0	
12:15 - 12:30	55	61	1	0	14	52	2	0	6	37	6	0	2	35	14	0	1	33	55	0	
12:30 - 12:45	55	67	1	0	14	58	2	0	6	41	6	0	2	38	14	0	1	36	55	0	
12:45 - 13:00	46	72	1	0	12	61	1	0	5	44	5	0	1	41	12	0	1	38	46	0	
17:00 - 17:15	49	68	1	0	12	58	1	0	6	41	6	0	1	39	12	0	1	36	49	0	
17:15 - 17:30	51	71	1	0	13	61	1	0	6	43	6	0	1	41	13	0	1	38	51	0	
17:30 - 17:45	55	73	1	0	14	62	2	0	6	44	6	0	2	42	14	0	1	39	55	0	
17:45 - 18:00	54	74	1	0	14	64	2	0	6	45	6	0	2	42	14	0	1	40	54	0	
18:00 - 18:15	56	63	1	0	14	54	2	0	6	38	6	0	2	36	14	0	1	34	56	0	
18:15 - 18:30	53	62	1	0	13	53	1	0	6	38	6	0	1	36	13	0	1	33	53	0	
18:30 - 18:45	51	61	1	0	13	52	1	0	6	37	6	0	1	35	13	0	1	33	51	0	
18:45 - 19:00	51	59	1	0	13	50	1	0	6	36	6	0	1	34	13	0	1	32	51	0	
19:00 - 19:15	49	57	1	0	12	48	1	0	6	34	6	0	1	32	12	0	1	30	49	0	
19:15 - 19:30	50	54	1	0	13	46	1	0	6	33	6	0	1	31	13	0	1	29	50	0	
19:30 - 19:45	50	52	1	0	13	44	1	0	6	31	6	0	1	30	13	0	1	28	50	0	
19:45 - 20:00	48	56	1	0	12	48	2	0	5	34	6	0	1	32	14	0	1	30	53	0	

Anexo 26. Aforo Vehicular #24. (Fuente: Propia).

	Univseridad Peruana de Ciencias Aplicadas	Planilla de Aforo																		Pag.	01
		Nombre del Proyecto																		Acceso	
		Propuesta de un sistema de semaforización para reducir el grado de saturación en las intersecciones de Av. Angamos Este con Av. República de Panamá, Av. Tomás Marsano y Av. Aviación; a través de la metodología del Ramp Metering.																		Open Plaza	
																				Revisión_0	
Fecha:	16/07/2018	Elaborado por:	Leonardo Basurto						Aprobado por:	Rodrigo Yzaguirre						Hora Inicio:	07:00		Hora Final:	13:00	
Horario	Vehículo Nº2																				
	Carril Nº1				Carril Nº2				Carril Nº3				Carril Nº4				Carril Nº5				
	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	
10:00 - 10:15	0	6	0	0	0	6	0	0	0	4	0	0	0	4	0	0	0	3	0	0	0
10:15 - 10:30	0	6	0	0	0	5	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0
10:30 - 10:45	0	6	0	0	0	5	0	0	0	4	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0
10:45 - 11:00	0	6	0	0	0	5	0	0	0	4	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0
11:00 - 11:15	0	6	0	0	0	5	0	0	0	4	0	0	0	4	0	0	0	3	0	0	0
11:15 - 11:30	0	6	0	0	0	5	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0
11:30 - 11:45	0	7	0	0	0	6	0	0	0	4	0	0	0	4	0	0	0	4	0	0	0
11:45 - 12:00	0	7	0	0	0	6	0	0	0	4	0	0	0	4	0	0	0	4	0	0	0
12:00 - 12:15	0	7	0	0	0	6	0	0	0	4	0	0	0	4	0	0	0	4	0	0	0
12:15 - 12:30	0	7	0	0	0	6	0	0	0	4	0	0	0	4	0	0	0	4	0	0	0
12:30 - 12:45	0	10	0	0	0	8	0	0	0	6	0	0	0	5	0	0	0	5	0	0	0
12:45 - 13:00	0	9	0	0	0	8	0	0	0	6	0	0	0	5	0	0	0	5	0	0	0
17:00 - 17:15	0	8	0	0	0	7	0	0	0	5	0	0	0	5	0	0	0	5	0	0	0
17:15 - 17:30	0	8	0	0	0	7	0	0	0	5	0	0	0	4	0	0	0	4	0	0	0
17:30 - 17:45	0	4	0	0	0	4	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0
17:45 - 18:00	0	4	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0
18:00 - 18:15	0	7	0	0	0	6	0	0	0	4	0	0	0	4	0	0	0	4	0	0	0
18:15 - 18:30	0	6	0	0	0	5	0	0	0	4	0	0	0	4	0	0	0	3	0	0	0
18:30 - 18:45	0	6	0	0	0	6	0	0	0	4	0	0	0	4	0	0	0	3	0	0	0
18:45 - 19:00	0	6	0	0	0	6	0	0	0	4	0	0	0	4	0	0	0	3	0	0	0
19:00 - 19:15	0	7	0	0	0	6	0	0	0	4	0	0	0	4	0	0	0	4	0	0	0
19:15 - 19:30	0	6	0	0	0	5	0	0	0	4	0	0	0	4	0	0	0	3	0	0	0
19:30 - 19:45	0	7	0	0	0	6	0	0	0	4	0	0	0	4	0	0	0	4	0	0	0
19:45 - 20:00	0	7	0	0	0	6	0	0	0	4	0	0	0	4	0	0	0	4	0	0	0

Anexo 27. Aforo Vehicular #25. (Fuente: Propia).

	Univseridad Peruana de Ciencias Aplicadas	Planilla de Aforo								Pag.	01
		Nombre del Proyecto								Acceso		
		Propuesta de un sistema de semaforización para reducir el grado de saturación en las intersecciones de Av. Angamos Este con Av. República de Panamá, Av. Tomás Marsano y Av. Aviación; a través de la metodología del Ramp Metering.								Open Plaza		
										Revisión_0		
Fecha:	16/07/2018	Elaborado por:	Leonardo Basurto			Aprobado por:	Rodrigo Yzaguirre		Hora Inicio:	07:00	Hora Final:	13:00

Horario	Vehículo Nº3																			
	Carril Nº1				Carril Nº2				Carril Nº3				Carril Nº4				Carril Nº5			
	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱
10:00 - 10:15	1	3	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0
10:15 - 10:30	0	3	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0	0	2	1	0	0	2	2	0
10:30 - 10:45	1	2	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	2	0
10:45 - 11:00	1	3	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	2	1	0
11:00 - 11:15	0	3	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	2	1	0
11:15 - 11:30	1	3	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	2	1	0
11:30 - 11:45	2	4	0	0	1	4	0	0	0	3	0	0	0	2	1	0	0	2	2	0
11:45 - 12:00	0	4	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0
12:00 - 12:15	0	4	0	0	0	4	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0
12:15 - 12:30	1	5	0	0	0	4	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0
12:30 - 12:45	2	4	0	0	1	4	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0
12:45 - 13:00	0	5	0	0	0	4	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0
17:00 - 17:15	1	6	0	0	0	5	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0
17:15 - 17:30	1	5	0	0	0	5	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	3	1	0
17:30 - 17:45	0	3	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	2	1	0
17:45 - 18:00	0	2	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0
18:00 - 18:15	1	3	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0
18:15 - 18:30	0	4	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0	0	2	1	0	0	2	2	0
18:30 - 18:45	1	2	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	2	0
18:45 - 19:00	1	4	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	2	1	0
19:00 - 19:15	0	4	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	2	1	0
19:15 - 19:30	1	4	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	2	1	0
19:30 - 19:45	2	5	0	0	1	4	0	0	0	3	0	0	0	3	1	0	0	3	2	0
19:45 - 20:00	0	4	0	0	0	4	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0

Anexo 28. Aforo Vehicular #26. (Fuente: Propia).

Univseridad Peruana de Ciencias Aplicadas	Planilla de Aforo																		Pag.	01
		Nombre del Proyecto																		Acceso	
		Propuesta de un sistema de semaforización para reducir el grado de saturación en las intersecciones de Av. Angamos Este con Av. República de Panamá, Av. Tomás Marsano y Av. Aviación; a través de la metodología del Ramp Metering.																		Open Plaza	
																				Revisión_0	
Fecha:	16/07/2018	Elaborado por:	Leonardo Basurto						Aprobado por:	Rodrigo Yzaguirre						Hora Inicio:	07:00	Hora Final:	13:00		
Horario	Motocicleta																				
	Carril N°1				Carril N°2				Carril N°3				Carril N°4				Carril N°5				
	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	
10:00 - 10:15	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	
10:15 - 10:30	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	
10:30 - 10:45	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	
10:45 - 11:00	0	3	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	
11:00 - 11:15	1	4	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	2	1	0	
11:15 - 11:30	2	4	0	0	1	3	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	2	1	0	
11:30 - 11:45	3	4	0	0	1	4	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	2	1	0	
11:45 - 12:00	4	5	0	0	1	4	0	0	0	3	0	0	0	3	1	0	0	3	2	0	
12:00 - 12:15	4	4	0	0	1	3	0	0	0	2	0	0	0	2	1	0	0	2	3	0	
12:15 - 12:30	1	4	0	0	0	4	0	0	0	3	0	0	0	2	1	0	0	2	3	0	
12:30 - 12:45	3	5	0	0	1	4	0	0	0	3	0	0	0	3	1	0	0	3	4	0	
12:45 - 13:00	1	4	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	2	1	0	
17:00 - 17:15	1	4	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	2	1	0	
17:15 - 17:30	2	4	0	0	1	3	0	0	0	2	0	0	0	2	1	0	0	2	4	0	
17:30 - 17:45	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	4	0	
17:45 - 18:00	0	2	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	2	0	
18:00 - 18:15	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	
18:15 - 18:30	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	
18:30 - 18:45	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	
18:45 - 19:00	0	3	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	
19:00 - 19:15	1	4	0	0	0	4	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0	0	2	1	0	
19:15 - 19:30	2	4	0	0	1	4	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	2	1	0	
19:30 - 19:45	3	5	0	0	1	4	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	3	1	0	
19:45 - 20:00	4	5	0	0	1	5	0	0	0	3	0	0	0	3	1	0	0	3	2	0	

Anexo 29. Aforo Vehicular #27. (Fuente: Propia).

Univseridad Peruana de Ciencias Aplicadas	Planilla de Aforo																		Pag.	01
		Nombre del Proyecto																		Acceso	
		Propuesta de un sistema de semaforización para reducir el grado de saturación en las intersecciones de Av. Angamos Este con Av. República de Panamá, Av. Tomás Marsano y Av. Aviación; a través de la metodología del Ramp Metering.																		Open Plaza	
																				Revisión_0	
Fecha:	16/07/2018	Elaborado por:	Leonardo Basurto						Aprobado por:	Rodrigo Yzaguirre						Hora Inicio:	07:00	Hora Final:	13:00		
Horario	Bicicleta																				
	Carril N°1				Carril N°2				Carril N°3				Carril N°4				Carril N°5				
	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	
10:00 - 10:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10:15 - 10:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10:30 - 10:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
10:45 - 11:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11:00 - 11:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11:15 - 11:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	
11:30 - 11:45	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
11:45 - 12:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12:00 - 12:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12:15 - 12:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
12:30 - 12:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12:45 - 13:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
17:00 - 17:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
17:15 - 17:30	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	
17:30 - 17:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
17:45 - 18:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
18:00 - 18:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
18:15 - 18:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
18:30 - 18:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
18:45 - 19:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19:00 - 19:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19:15 - 19:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19:30 - 19:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19:45 - 20:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Anexo 30. Aforo Vehicular #28. (Fuente: Propia).

- **Acceso “Grifo Primax” - Intersección Av. Angamos Este con Av. Tomás Marsano**

	Univeridad Peruana de Ciencias Aplicadas	Planilla de Aforo																								Pag.	01									
		Nombre del Proyecto																								Acceso										
		Propuesta de un sistema de semaforización para reducir el grado de saturación en las intersecciones de Av. Angamos Este con Av. República de Panamá, Av. Tomás Marsano y Av. Aviación; a través de la metodología del Ramp Metering.																								Grifo Primax										
																										Revisión 0										
Fecha:	17/07/2018	Elaborado por:				Leonardo Basurto								Aprobado por:				Rodrigo Yzaguirre								Hora Inicio:				07:00		Hora Final:		13:00		
Horario	Vehículo N°1												Vehículo N°2												Vehículo N°3											
	Carril N°1				Carril N°2				Carril N°3				Carril N°1				Carril N°2				Carril N°3				Carril N°1				Carril N°2				Carril N°3

10:00 - 10:15	8	67	1	0	2	136	7	0	0	36	25	0	0	9	0	0	0	18	2	0	0	5	7	0	0	2	0	0	0	4	0	0	0	1	0	0
10:15 - 10:30	8	66	1	0	2	133	7	0	0	35	24	0	0	8	0	0	0	16	2	0	0	4	7	0	0	2	0	0	0	3	0	0	0	1	1	0
10:30 - 10:45	7	64	1	0	2	131	6	0	0	35	23	0	0	7	0	0	0	14	1	0	0	4	5	0	0	2	0	0	0	4	0	0	0	1	1	0
10:45 - 11:00	5	62	1	0	2	127	7	0	0	33	25	0	0	7	0	0	0	14	2	0	0	4	6	0	0	1	0	0	0	2	1	0	0	1	2	0
11:00 - 11:15	5	62	1	0	1	127	7	0	0	33	25	0	0	7	0	0	0	14	1	0	0	4	5	0	0	1	0	0	0	3	0	0	0	1	2	0
11:15 - 11:30	5	64	1	0	1	130	7	0	0	34	26	0	0	6	0	0	0	13	1	0	0	3	5	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	1	1	0
11:30 - 11:45	6	66	1	0	2	133	8	0	0	35	28	0	0	6	0	0	0	12	1	0	0	3	5	0	0	2	0	0	0	4	0	0	0	1	1	0
11:45 - 12:00	6	60	1	0	2	121	8	0	0	32	30	0	0	4	0	0	0	9	2	0	0	2	7	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	1	1	0
12:00 - 12:15	11	77	0	0	3	157	4	0	0	41	16	0	0	7	0	0	0	14	1	0	0	4	5	0	0	2	0	0	0	3	0	0	0	1	1	0
12:15 - 12:30	8	68	1	0	2	138	9	0	0	36	34	0	0	5	0	0	0	10	1	0	0	3	5	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0
12:30 - 12:45	9	78	1	0	3	158	8	0	0	42	31	0	0	7	0	0	0	14	2	0	0	4	6	0	0	1	0	0	0	2	1	0	0	0	2	0
12:45 - 13:00	5	73	0	0	1	149	4	0	0	39	15	0	0	7	0	0	0	14	1	0	0	4	5	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0
17:00 - 17:15	5	72	0	0	1	145	5	0	0	38	19	0	0	7	0	0	0	14	1	0	0	4	4	0	0	1	0	0	0	2	1	0	0	0	2	0
17:15 - 17:30	9	80	0	0	3	164	4	0	0	43	16	0	0	10	0	0	0	19	1	0	0	5	3	0	0	3	0	0	0	6	0	0	0	2	1	0
17:30 - 17:45	7	75	1	0	2	152	9	0	0	40	32	0	0	5	0	0	0	11	1	0	0	3	3	0	1	2	0	0	0	3	0	0	0	1	2	0
17:45 - 18:00	10	83	0	0	3	167	7	0	0	44	26	0	0	7	0	0	0	14	1	0	0	4	5	0	0	2	0	0	0	5	0	0	0	1	0	0
18:00 - 18:15	10	74	1	0	3	150	8	0	0	40	28	0	0	10	0	0	0	21	2	0	0	5	7	0	0	2	0	0	0	4	0	0	0	1	0	0
18:15 - 18:30	9	72	1	0	3	147	7	0	0	39	27	0	0	8	0	0	0	17	2	0	0	5	7	0	0	2	0	0	0	3	0	0	0	1	1	0
18:30 - 18:45	7	71	1	0	2	145	7	0	0	38	26	0	0	8	0	0	0	15	1	0	0	4	5	0	0	2	0	0	0	4	0	0	0	1	1	0
18:45 - 19:00	5	69	1	0	2	140	8	0	0	37	28	0	0	7	0	0	0	15	2	0	0	4	6	0	0	1	0	0	0	2	1	0	0	1	2	0
19:00 - 19:15	5	69	1	0	1	140	8	0	0	37	28	0	0	7	0	0	0	15	1	0	0	4	5	0	0	1	0	0	0	3	0	0	0	1	2	0
19:15 - 19:30	5	70	1	0	1	143	8	0	0	38	29	0	0	7	0	0	0	14	1	0	0	4	5	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	1	1	0
19:30 - 19:45	6	72	1	0	2	147	9	0	0	39	32	0	0	6	0	0	0	13	1	0	0	3	5	0	0	2	0	0	0	4	0	0	0	1	1	0
19:45 - 20:00	6	66	1	0	2	134	9	0	0	35	33	0	0	5	0	0	0	10	2	0	0	3	7	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	1	1	0

Anexo 31. Aforo Vehicular #29. (Fuente: Propia).

	Univseridad Peruana de Ciencias Aplicadas	Planilla de Aforo																				Pag.	01	
		Nombre del Proyecto																				Acceso			
		Propuesta de un sistema de semaforización para reducir el grado de saturación en las intersecciones de Av. Angamos Este con Av. República de Panamá, Av. Tomás Marsano y Av. Aviación; a través de la metodología del Ramp Metering.																				Grifo Primax			
																						Revisión_0			
Fecha:	17/07/2018	Elaborado por:	Leonardo Basurto								Aprobado por:	Rodrigo Yzaguirre								Hora Inicio:	07:00	Hora Final:	13:00		
		Motocicleta												Bicicleta											
Horario	Carril N°1				Carril N°2				Carril N°3				Carril N°1				Carril N°2				Carril N°3				
	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	
10:00 - 10:15	0	4	0	0	0	9	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10:15 - 10:30	0	4	0	0	0	8	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	
10:30 - 10:45	0	3	0	0	0	6	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10:45 - 11:00	0	3	0	0	0	7	0	0	0	2	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	
11:00 - 11:15	0	4	0	0	0	9	1	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11:15 - 11:30	0	4	0	0	0	8	1	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
11:30 - 11:45	0	4	0	0	0	9	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11:45 - 12:00	0	5	0	0	0	11	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12:00 - 12:15	0	5	0	0	0	11	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	
12:15 - 12:30	0	5	0	0	0	10	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	
12:30 - 12:45	0	4	0	0	0	9	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12:45 - 13:00	0	9	0	0	0	18	0	0	0	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
17:00 - 17:15	0	6	0	0	0	13	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
17:15 - 17:30	0	6	0	0	0	11	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	
17:30 - 17:45	0	4	0	0	0	7	0	0	0	2	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
17:45 - 18:00	0	4	0	0	0	9	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
18:00 - 18:15	0	5	0	0	0	10	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	
18:15 - 18:30	0	4	0	0	0	9	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	
18:30 - 18:45	0	4	0	0	0	7	0	0	0	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
18:45 - 19:00	0	4	0	0	0	8	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19:00 - 19:15	0	5	0	0	0	10	1	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19:15 - 19:30	0	4	0	0	0	9	1	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	
19:30 - 19:45	0	5	0	0	0	10	0	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19:45 - 20:00	0	6	0	0	0	12	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Anexo 32. Aforo Vehicular #30. (Fuente: Propia).

• Acceso “Tienda Paraíso” - Intersección Av. Angamos Este con Av. República de Panamá

Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas	Planilla de Aforo																								Pag.	01						
		Nombre del Proyecto																								Acceso							
		Propuesta de un sistema de semaforización para reducir el grado de saturación en las intersecciones de Av. Angamos Este con Av. República de Panamá, Av. Tomás Marsano y Av. Aviación; a través de la metodología del Ramp Metering.																								Tienda Paraíso							
																										Revisión_0							
Fecha:	18/07/2018	Elaborado por:				Leonardo Basurto								Aprobado por:				Rodrigo Yzaguirre								Hora Inicio:				07:00	Hora Final:		13:00
Horario	Vehículo N°1								Vehículo N°2								Vehículo N°3																
	Carril N°1				Carril N°2				Carril N°1				Carril N°2				Carril N°1				Carril N°2												
	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱									
10:00 - 10:15	11	40	0	0	0	30	7	0	0	7	0	0	0	5	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0									
10:15 - 10:30	13	39	1	0	0	30	10	0	0	7	0	0	0	6	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0									
10:30 - 10:45	10	39	1	0	0	30	10	0	1	9	0	0	0	5	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0									
10:45 - 11:00	8	35	0	0	0	27	9	0	2	6	0	0	0	4	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0									
11:00 - 11:15	7	40	0	0	0	31	8	0	0	6	0	0	0	8	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0									
11:15 - 11:30	12	42	1	0	0	31	10	0	3	10	0	0	0	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0									
11:30 - 11:45	7	42	0	0	0	31	6	0	0	9	0	0	0	9	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0									
11:45 - 12:00	13	48	0	0	0	37	9	0	5	12	0	0	0	7	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0									
12:00 - 12:15	7	40	0	0	0	30	3	0	2	10	0	0	0	7	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0									
12:15 - 12:30	7	43	0	0	0	33	4	0	2	9	0	0	0	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0									
12:30 - 12:45	9	43	0	0	0	32	2	0	2	7	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
12:45 - 13:00	9	42	0	0	0	31	5	0	1	10	0	0	0	9	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0									
17:00 - 17:15	6	34	0	0	0	26	6	0	1	13	0	0	0	7	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0									
17:15 - 17:30	9	40	0	0	0	30	5	0	2	9	0	0	0	7	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0									
17:30 - 17:45	3	44	0	0	0	33	8	0	0	10	0	0	0	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0									
17:45 - 18:00	4	40	0	0	0	30	6	0	0	11	0	0	0	9	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0									
18:00 - 18:15	10	48	0	0	0	37	6	0	0	13	0	0	0	4	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0									
18:15 - 18:30	11	33	0	0	0	25	9	0	0	6	0	0	0	6	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0									
18:30 - 18:45	9	33	1	0	0	25	10	0	1	7	0	0	0	4	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0									
18:45 - 19:00	6	30	0	0	0	22	7	0	2	6	0	0	0	4	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0									
19:00 - 19:15	6	23	0	0	0	18	6	0	0	5	0	0	0	6	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0									
19:15 - 19:30	10	29	1	0	0	22	10	0	2	9	0	0	0	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0									
19:30 - 19:45	6	28	0	0	0	21	5	0	0	7	0	0	0	8	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0									
19:45 - 20:00	6	21	0	0	0	16	7	0	4	10	0	0	0	6	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0									

Anexo 33. Aforo Vehicular #31. (Fuente: Propia).

	Univseridad Peruana de Ciencias Aplicadas	Planilla de Aforo								Pag.	01
		Nombre del Proyecto								Acceso		
		Propuesta de un sistema de semaforización para reducir el grado de saturación en las intersecciones de Av. Angamos Este con Av. República de Panamá, Av. Tomás Marsano y Av. Aviación; a través de la metodología del Ramp Metering.								Tienda Paraíso		
										Revisión_0		
Fecha:	18/07/2018	Elaborado por:	Leonardo Basurto			Aprobado por:	Rodrigo Yzaguirre		Hora Inicio:	07:00	Hora Final:	13:00

Horario	Motocicleta								Bicicleta							
	Carril N°1				Carril N°2				Carril N°1				Carril N°2			
	↶	↑	↷	↷	↶	↑	↷	↷	↶	↑	↷	↷	↶	↑	↷	↷
10:00 - 10:15	1	5	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10:15 - 10:30	2	2	0	0	0	2	1	0	0	1	0	0	0	2	0	0
10:30 - 10:45	0	8	0	0	0	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10:45 - 11:00	0	9	0	0	0	7	0	0	0	2	0	0	0	3	0	0
11:00 - 11:15	0	3	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11:15 - 11:30	2	4	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0
11:30 - 11:45	3	9	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11:45 - 12:00	4	4	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12:00 - 12:15	3	4	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
12:15 - 12:30	2	3	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0
12:30 - 12:45	2	6	0	0	0	4	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
12:45 - 13:00	1	5	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17:00 - 17:15	2	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17:15 - 17:30	0	3	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
17:30 - 17:45	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17:45 - 18:00	0	3	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18:00 - 18:15	1	4	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18:15 - 18:30	2	2	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	2	0	0
18:30 - 18:45	0	7	0	0	0	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18:45 - 19:00	0	8	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19:00 - 19:15	0	3	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19:15 - 19:30	2	3	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0	0	5	0	0
19:30 - 19:45	2	7	0	0	0	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
19:45 - 20:00	3	3	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0

Anexo 34. Aforo Vehicular #32. (Fuente: Propia).

• Acceso “Fábrica” - Intersección Av. Angamos Este con Av. República de Panamá

	Univseridad Peruana de Ciencias Aplicadas	Planilla de Aforo																Pag.		01				
		Nombre del Proyecto																Acceso						
		Propuesta de un sistema de semaforización para reducir el grado de saturación en las intersecciones de Av. Angamos Este con Av. República de Panamá, Av. Tomás Marsano y Av. Aviación; a través de la metodología del Ramp Metering.																"Fabrica"						
																		Revisión_0						
Fecha:	18/07/2018	Elaborado por:	Leonardo Basurto						Aprobado por:	Rodrigo Yzaguirre						Hora Inicio:	07:00	Hora Final:	13:00					
Horario	Vehículo N°1								Vehículo N°2								Vehículo N°3							
	Carril N°1				Carril N°2				Carril N°1				Carril N°2				Carril N°1				Carril N°2			
	↶	↑	↷	↷	↶	↑	↷	↷	↶	↑	↷	↷	↶	↑	↷	↷	↶	↑	↷	↷	↶	↑	↷	↷
10:00 - 10:15	0	91	0	0	0	68	8	0	0	22	0	0	0	16	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0
10:15 - 10:30	1	91	0	0	0	68	8	0	0	22	0	0	0	17	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0
10:30 - 10:45	1	95	1	0	0	72	10	0	0	23	0	0	0	17	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0
10:45 - 11:00	8	89	1	0	0	73	12	0	0	26	0	0	0	19	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0
11:00 - 11:15	1	111	0	0	0	84	9	0	0	34	0	0	0	26	0	0	0	4	0	0	0	3	0	0
11:15 - 11:30	2	110	1	0	0	83	10	0	0	37	0	0	0	28	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0
11:30 - 11:45	1	107	0	0	0	81	6	0	0	34	0	0	0	26	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0
11:45 - 12:00	1	114	1	0	0	86	12	0	0	31	0	0	0	23	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0
12:00 - 12:15	9	100	0	0	0	82	9	0	0	35	0	0	0	27	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0
12:15 - 12:30	1	109	1	0	0	82	14	0	0	35	0	0	0	26	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0
12:30 - 12:45	0	101	0	0	0	76	9	0	0	34	0	0	0	26	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
12:45 - 13:00	2	87	0	0	0	66	8	0	0	27	0	0	0	20	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0
17:00 - 17:15	0	104	1	0	0	52	15	0	0	22	0	0	0	17	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0
17:15 - 17:30	10	107	0	0	0	53	9	0	0	25	0	0	0	18	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0
17:30 - 17:45	8	108	1	0	0	58	8	0	0	25	0	0	0	18	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0
17:45 - 18:00	6	106	0	0	0	78	10	0	0	19	0	0	0	15	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0
18:00 - 18:15	9	111	0	0	0	88	7	0	0	21	0	0	0	15	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0
18:15 - 18:30	1	76	0	0	0	87	13	0	0	19	0	0	0	14	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0
18:30 - 18:45	1	80	1	0	0	85	9	0	0	19	0	0	0	15	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0
18:45 - 19:00	3	70	1	0	0	90	8	0	0	22	0	0	0	16	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0
19:00 - 19:15	1	70	0	0	0	58	6	0	0	29	0	0	0	22	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0
19:15 - 19:30	2	89	0	0	0	60	10	0	0	31	0	0	0	23	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0
19:30 - 19:45	1	83	0	0	0	55	10	0	0	29	0	0	0	22	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0
19:45 - 20:00	1	75	1	0	0	53	7	0	0	26	0	0	0	20	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0

Anexo 35. Aforo Vehicular #33. (Fuente: Propia).

	Univseridad Peruana de Ciencias Aplicadas	Planilla de Aforo								Pag.	01
		Nombre del Proyecto								Acceso		
		Propuesta de un sistema de semaforización para reducir el grado de saturación en las intersecciones de Av. Angamos Este con Av. República de Panamá, Av. Tomás Marsano y Av. Aviación; a través de la metodología del Ramp Metering.								"Fabrica"		
										Revisión_0		
Fecha:	18/07/2018	Elaborado por:	Leonardo Basurto			Aprobado por:	Rodrigo Yzaguirre		Hora Inicio:	07:00	Hora Final:	13:00

Horario	Motocicleta								Bicicleta							
	Carril N°1				Carril N°2				Carril N°1				Carril N°2			
	↶	↑	↷	↷	↶	↑	↷	↷	↶	↑	↷	↷	↶	↑	↷	↷
10:00 - 10:15	0	8	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
10:15 - 10:30	0	9	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0
10:30 - 10:45	1	7	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
10:45 - 11:00	0	10	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11:00 - 11:15	0	8	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11:15 - 11:30	1	11	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
11:30 - 11:45	0	13	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11:45 - 12:00	1	13	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
12:00 - 12:15	0	14	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12:15 - 12:30	1	14	0	0	0	11	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0
12:30 - 12:45	0	13	0	0	0	9	0	0	1	0	0	0	1	3	0	0
12:45 - 13:00	1	14	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0
17:00 - 17:15	0	11	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
17:15 - 17:30	0	11	0	0	0	8	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0
17:30 - 17:45	0	9	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
17:45 - 18:00	0	13	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18:00 - 18:15	0	8	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18:15 - 18:30	0	7	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
18:30 - 18:45	1	6	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18:45 - 19:00	0	8	0	0	0	6	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
19:00 - 19:15	0	7	0	0	0	5	0	0	0	1	0	0	0	3	0	0
19:15 - 19:30	1	9	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0
19:30 - 19:45	0	10	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
19:45 - 20:00	1	11	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0

Anexo 36. Aforo Vehicular #34. (Fuente: Propia).

- **Acceso “C.C. Maestro” - Intersección Av. Angamos Este con Av. República de Panamá**

	Univrsidad Peruana de Ciencias Aplicadas	Planilla de Aforo																								Pag.	01									
		Nombre del Proyecto																								Acceso										
		Propuesta de un sistema de semaforización para reducir el grado de saturación en las intersecciones de Av. Angamos Este con Av. República de Panamá, Av. Tomás Marsano y Av. Aviación; a través de la metodología del Ramp Metering.																								C.C. Maestro										
Fecha:	18/07/2018	Elaborado por:				Leonardo Basurto								Aprobado por:				Rodrigo Yzaguirre								Hora Inicio:				07:00		Hora Final:	13:00			
Horario	Vehículo N°1												Vehículo N°2												Vehículo N°3											
	Carril N°1				Carril N°2				Carril N°3				Carril N°1				Carril N°2				Carril N°3				Carril N°1				Carril N°2				Carril N°3			
	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱
10:00 - 10:15	2	36	0	0	0	73	2	0	0	19	7	0	0	8	0	0	0	17	0	0	0	4	1	0	1	1	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0
10:15 - 10:30	2	44	0	0	0	89	3	0	0	23	10	0	0	7	0	0	0	14	0	0	0	4	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
10:30 - 10:45	3	49	0	0	1	100	2	0	0	26	8	0	0	7	0	0	0	14	0	0	0	4	1	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
10:45 - 11:00	3	52	0	0	1	105	2	0	0	28	9	0	0	6	0	0	0	11	0	0	0	3	2	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	1	2	0
11:00 - 11:15	5	55	0	0	1	113	2	0	0	30	6	0	0	8	0	0	0	17	0	0	0	4	1	0	1	1	0	0	0	2	0	0	0	1	1	0
11:15 - 11:30	2	56	0	0	0	114	2	0	0	30	8	0	0	9	0	0	0	18	0	0	0	5	1	0	0	2	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0
11:30 - 11:45	5	47	0	0	1	96	2	0	0	25	8	0	0	10	0	0	0	19	0	0	0	5	2	0	1	2	0	0	0	3	0	0	0	1	2	0
11:45 - 12:00	2	48	0	0	0	99	3	0	0	26	10	0	0	9	0	0	0	18	0	0	0	5	2	0	0	3	0	0	0	6	0	0	0	2	1	0
12:00 - 12:15	2	46	0	0	0	95	2	0	0	25	9	0	0	8	0	0	0	17	0	0	0	5	1	0	1	3	0	0	0	5	0	0	0	1	0	0
12:15 - 12:30	3	43	0	0	1	88	2	0	0	23	9	0	0	8	0	0	0	16	0	0	0	4	2	0	0	2	0	0	0	4	0	0	0	1	2	0
12:30 - 12:45	3	48	0	0	1	97	2	0	0	26	8	0	0	8	0	0	0	15	0	0	0	4	1	0	2	2	0	0	0	3	0	0	0	1	1	0
12:45 - 13:00	2	46	0	0	0	93	3	0	0	25	9	0	0	6	0	0	0	12	0	0	0	3	2	0	1	2	0	0	0	4	0	0	0	1	0	0
17:00 - 17:15	2	42	0	0	0	86	2	0	0	23	8	0	0	6	0	0	0	13	0	0	0	3	1	0	0	2	0	0	0	4	0	0	0	1	2	0
17:15 - 17:30	3	58	0	0	1	119	2	0	0	31	8	0	0	8	0	0	0	15	1	0	0	4	2	0	1	1	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0
17:30 - 17:45	2	59	0	0	0	120	2	0	0	32	8	0	0	7	0	0	0	14	0	0	0	4	2	0	0	3	0	0	0	5	0	0	0	1	1	0
17:45 - 18:00	5	59	0	0	1	121	2	0	0	32	7	0	0	6	0	0	0	12	0	0	0	3	1	0	1	3	0	0	0	6	0	0	0	2	2	0
18:00 - 18:15	2	64	0	0	0	131	2	0	0	35	7	0	0	9	0	0	0	18	0	0	0	5	1	0	1	1	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0
18:15 - 18:30	2	56	0	0	0	115	3	0	0	30	11	0	0	7	0	0	0	15	0	0	0	4	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
18:30 - 18:45	2	45	0	0	1	91	2	0	0	24	6	0	0	6	0	0	0	11	0	0	0	3	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
18:45 - 19:00	2	40	0	0	1	82	2	0	0	22	8	0	0	5	0	0	0	10	0	0	0	3	2	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0
19:00 - 19:15	4	39	0	0	1	80	1	0	0	21	5	0	0	7	0	0	0	14	0	0	0	4	1	0	1	1	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0
19:15 - 19:30	2	34	0	0	0	68	2	0	0	18	6	0	0	7	0	0	0	15	0	0	0	4	1	0	0	1	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0
19:30 - 19:45	4	29	0	0	1	58	2	0	0	15	7	0	0	8	0	0	0	17	0	0	0	4	2	0	1	1	0	0	0	3	0	0	0	1	2	0
19:45 - 20:00	2	33	0	0	0	68	2	0	0	18	8	0	0	7	0	0	0	15	0	0	0	4	2	0	0	3	0	0	0	5	0	0	0	1	1	0

Anexo 37. Aforo Vehicular #35. (Fuente: Propia).

	Univseridad Peruana de Ciencias Aplicadas	Planilla de Aforo																				Pag.	01	
		Nombre del Proyecto																				Acceso		
		Propuesta de un sistema de semaforización para reducir el grado de saturación en las intersecciones de Av. Angamos Este con Av. República de Panamá, Av. Tomás Marsano y Av. Aviación; a través de la metodología del Ramp Metering.																				C.C. Maestro		
																						Revisión_0		
Fecha:	18/07/2018	Elaborado por:	Leonardo Basurto								Aprobado por:	Rodrigo Yzaguirre								Hora Inicio:	07:00	Hora Final:	13:00	
	Motocicleta												Bicicleta											
Horario	Carril N°1				Carril N°2				Carril N°3				Carril N°1				Carril N°2				Carril N°3			
	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱	↶	↑	↷	↱
10:00 - 10:15	1	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
10:15 - 10:30	1	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	1	0	0
10:30 - 10:45	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
10:45 - 11:00	0	1	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
11:00 - 11:15	1	1	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11:15 - 11:30	1	2	0	0	0	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
11:30 - 11:45	0	2	0	0	0	4	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
11:45 - 12:00	0	3	0	0	0	7	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	5	0	0	0
12:00 - 12:15	1	3	0	0	0	6	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
12:15 - 12:30	1	2	0	0	0	5	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0
12:30 - 12:45	0	2	0	0	0	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
12:45 - 13:00	1	3	0	0	0	5	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17:00 - 17:15	1	2	0	0	0	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17:15 - 17:30	0	2	0	0	0	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
17:30 - 17:45	1	2	0	0	0	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
17:45 - 18:00	1	3	0	0	0	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
18:00 - 18:15	1	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18:15 - 18:30	1	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18:30 - 18:45	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18:45 - 19:00	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
19:00 - 19:15	1	1	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0
19:15 - 19:30	1	2	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0	0
19:30 - 19:45	0	2	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
19:45 - 20:00	0	3	0	0	0	6	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0

Anexo 38. Aforo Vehicular #36. (Fuente: Propia).

• Acceso “MiFarma” - Intersección Av. Angamos Este con Av. República de Panamá

	Univ er sidad Peruana de Ciencias Aplicadas	Planilla de Aforo																												Pag.	01		
		Nombre del Proyecto																												Acceso				
		Propuesta de un sistema de semaforización para reducir el grado de saturación en las intersecciones de Av. Angamos Este con Av. República de Panamá, Av. Tomás Marsano y Av. Aviación; a través de la metodología del Ramp Metering.																												"Mi Farma"				
Fecha:	18/07/2018	Elaborado por:				Leonardo Basurto								Aprobado por:				Rodrigo Yzaguirre								Hora Inicio:				07:00		Hora Final:	13:00	
Horario	Vehículo N°1																Vehículo N°2																	
	Carril N°1				Carril N°2				Carril N°3				Carril N°4				Carril N°1				Carril N°2				Carril N°3				Carril N°4					
	↶	↑	↷	↶	↶	↑	↷	↶	↶	↑	↷	↶	↶	↑	↷	↶	↶	↑	↷	↶	↶	↑	↷	↶	↶	↑	↷	↶	↶	↑	↷			
10:00 - 10:15	32	36	0	0	0	73	2	0	2	78	2	0	1	34	8	0	0	11	0	0	0	15	0	0	0	15	0	0	0	7	0	0		
10:15 - 10:30	34	44	0	0	0	89	3	0	3	78	2	0	1	34	8	0	0	12	0	0	0	17	0	0	0	17	0	0	0	8	0	0		
10:30 - 10:45	27	49	0	0	1	100	2	0	2	76	1	0	1	33	5	0	0	11	0	0	0	15	0	0	0	16	0	0	0	7	0	0		
10:45 - 11:00	23	52	0	0	1	105	2	0	2	80	1	0	1	35	7	0	0	12	0	0	0	16	0	0	0	16	0	0	0	7	0	0		
11:00 - 11:15	32	55	0	0	1	113	2	0	2	87	1	0	1	38	7	0	0	11	0	0	0	15	0	0	0	16	0	0	0	7	0	0		
11:15 - 11:30	28	56	0	0	0	114	2	0	2	95	2	0	1	42	8	0	0	12	0	0	0	16	0	0	0	17	0	0	0	7	0	0		
11:30 - 11:45	31	47	0	0	1	96	2	0	2	99	1	0	1	43	4	0	0	12	0	0	0	16	0	0	0	17	0	0	0	7	0	0		
11:45 - 12:00	30	48	0	0	0	99	3	0	2	96	1	0	1	42	7	0	0	12	0	0	0	16	0	0	0	16	0	0	0	7	0	0		
12:00 - 12:15	28	46	0	0	0	95	2	0	2	101	1	0	1	44	7	0	0	12	0	0	0	16	0	0	0	16	0	0	0	7	0	0		
12:15 - 12:30	35	43	0	0	1	88	2	0	3	102	2	0	1	45	9	0	0	11	0	0	0	15	0	0	0	15	0	0	0	7	0	0		
12:30 - 12:45	35	48	0	0	1	97	2	0	3	105	2	0	1	46	8	0	0	12	0	0	0	16	0	0	0	17	0	0	0	7	0	0		
12:45 - 13:00	41	46	0	0	0	93	3	0	3	104	2	0	1	46	10	0	0	11	0	0	0	15	0	0	0	15	0	0	0	7	0	0		
17:00 - 17:15	36	71	0	0	6	96	1	0	3	99	2	0	1	43	8	0	0	12	0	0	0	16	0	0	0	16	0	0	0	7	0	0		
17:15 - 17:30	44	66	0	0	8	88	1	0	3	91	2	0	1	40	9	0	0	11	0	0	0	15	0	0	0	16	0	0	0	7	0	0		
17:30 - 17:45	34	72	0	0	6	97	1	0	3	100	2	0	1	44	11	0	0	11	0	0	0	15	0	0	0	16	0	0	0	7	0	0		
17:45 - 18:00	33	74	0	0	6	100	1	0	3	103	2	0	1	45	8	0	0	11	0	0	0	15	0	0	0	16	0	0	0	7	0	0		
18:00 - 18:15	35	73	0	0	6	98	1	0	3	101	2	0	1	44	10	0	0	10	0	0	0	14	0	0	0	14	0	0	0	6	0	0		
18:15 - 18:30	37	71	0	0	7	95	1	0	3	98	2	0	1	43	9	0	0	12	0	0	0	16	0	0	0	16	0	0	0	7	0	0		
18:30 - 18:45	23	46	0	0	4	62	0	0	2	64	1	0	1	28	5	0	0	9	0	0	0	13	0	0	0	13	0	0	0	6	0	0		
18:45 - 19:00	20	48	0	0	4	65	1	0	2	67	1	0	1	29	5	0	0	10	0	0	0	13	0	0	0	13	0	0	0	6	0	0		
19:00 - 19:15	27	40	0	0	5	55	1	0	2	56	1	0	1	25	5	0	0	9	0	0	0	13	0	0	0	13	0	0	0	6	0	0		
19:15 - 19:30	23	46	0	0	4	62	1	0	2	64	1	0	1	28	7	0	0	10	0	0	0	14	0	0	0	14	0	0	0	6	0	0		
19:30 - 19:45	27	49	0	0	5	66	0	0	2	68	1	0	1	30	3	0	0	10	0	0	0	14	0	0	0	14	0	0	0	6	0	0		
19:45 - 20:00	25	46	0	0	4	62	1	0	2	64	1	0	1	28	5	0	0	10	0	0	0	13	0	0	0	13	0	0	0	6	0	0		

Anexo 39. Aforo Vehicular #37. (Fuente: Propia).

	Univseridad Peruana de Ciencias Aplicadas	Planilla de Aforo																								Pag.	01					
		Nombre del Proyecto																								Acceso						
		Propuesta de un sistema de semaforización para reducir el grado de saturación en las intersecciones de Av. Angamos Este con Av. República de Panamá, Av. Tomás Marsano y Av. Aviación; a través de la metodología del Ramp Metering.																								"Mi Fama"						
																										Revisión_0						
Fecha:	18/07/2018	Elaborado por:	Leonardo Basurto												Aprobado por:	Rodrigo Yzaguirre												Hora Inicio:	07:00	Hora Final:	13:00	
Horario	Vehículo N°3																Motocicleta															
	Carril N°1				Carril N°2				Carril N°3				Carril N°4				Carril N°1				Carril N°2				Carril N°3				Carril N°4			
	↶	↑	↷	↶	↶	↑	↷	↶	↶	↑	↷	↶	↶	↑	↷	↶	↶	↑	↷	↶	↶	↑	↷	↶	↶	↑	↷	↶	↶	↑	↷	
10:00 - 10:15	1	3	0	0	0	4	0	0	0	4	0	0	0	2	0	0	2	1	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0
10:15 - 10:30	0	3	0	0	0	4	0	0	0	4	0	0	0	2	2	0	3	2	0	0	1	2	0	0	0	2	0	0	0	1	1	0
10:30 - 10:45	0	3	0	0	0	4	0	0	0	4	0	0	0	2	0	0	2	1	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0
10:45 - 11:00	0	3	0	0	0	5	0	0	0	5	0	0	0	2	0	0	2	2	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0
11:00 - 11:15	0	3	0	0	0	4	0	0	0	4	0	0	0	2	0	0	1	2	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0
11:15 - 11:30	0	4	0	0	0	5	0	0	0	5	0	0	0	2	2	0	2	1	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	1	1	0
11:30 - 11:45	0	3	0	0	0	5	0	0	0	5	0	0	0	2	0	0	3	2	0	0	1	2	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0
11:45 - 12:00	0	4	0	0	0	5	0	0	0	5	0	0	0	2	0	0	2	2	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0
12:00 - 12:15	2	4	0	0	0	6	0	0	0	6	1	0	0	3	3	0	2	2	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	1	1	0
12:15 - 12:30	0	5	0	0	0	7	0	0	0	7	0	0	0	3	2	0	2	2	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	1	2	0
12:30 - 12:45	2	5	0	0	0	7	0	0	0	7	0	0	0	3	1	0	2	2	0	0	0	2	0	0	0	3	0	0	0	1	1	0
12:45 - 13:00	2	4	0	0	0	6	0	0	0	6	0	0	0	3	1	0	1	2	0	0	0	2	0	0	0	3	0	0	0	1	1	0
17:00 - 17:15	0	3	0	0	0	3	0	0	0	4	0	0	0	2	0	0	2	1	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0
17:15 - 17:30	1	4	0	0	0	5	0	0	0	5	0	0	0	2	1	0	2	1	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	1	2	0
17:30 - 17:45	0	2	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	1	2	0
17:45 - 18:00	1	2	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0	1	2	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	1	1	0
18:00 - 18:15	1	3	0	0	0	4	0	0	0	4	0	0	0	2	0	0	2	1	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0
18:15 - 18:30	0	3	0	0	0	4	0	0	0	4	0	0	0	2	2	0	3	1	0	0	1	2	0	0	0	2	0	0	0	1	1	0
18:30 - 18:45	0	2	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0	2	1	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0
18:45 - 19:00	0	3	0	0	0	4	0	0	0	4	0	0	0	2	0	0	2	1	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0
19:00 - 19:15	0	3	0	0	0	3	0	0	0	4	0	0	0	2	0	0	1	1	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0
19:15 - 19:30	0	3	0	0	0	4	0	0	0	4	0	0	0	2	2	0	2	1	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	1	1	0
19:30 - 19:45	0	3	0	0	0	4	0	0	0	4	0	0	0	2	0	0	2	1	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0
19:45 - 20:00	0	3	0	0	0	4	0	0	0	4	0	0	0	2	0	0	2	1	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0

Anexo 40. Aforo Vehicular #38. (Fuente: Propia).

Univseridad Peruana de Ciencias Aplicadas	Planilla de Aforo														Pag.	01		
		Nombre del Proyecto														Acceso			
		Propuesta de un sistema de semaforización para reducir el grado de saturación en las intersecciones de Av. Angamos Este con Av. República de Panamá, Av. Tomás Marsano y Av. Aviación; a través de la metodología del Ramp Metering.														"Mi Fama"			
																Revisión_0			
Fecha:	18/07/2018	Elaborado por:	Leonardo Basurto						Aprobado por:	Rodrigo Yzaguirre						Hora Inicio:	07:00	Hora Final:	13:00
Horario	Bicicleta																		
	Carril N°1				Carril N°2				Carril N°3				Carril N°4						
	↶	↑	↷	↷	↶	↑	↷	↷	↶	↑	↷	↷	↶	↑	↷	↷			
10:00 - 10:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0			
10:15 - 10:30	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0			
10:30 - 10:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0			
10:45 - 11:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0			
11:00 - 11:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0			
11:15 - 11:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0			
11:30 - 11:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0			
11:45 - 12:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0			
12:00 - 12:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0			
12:15 - 12:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0			
12:30 - 12:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0			
12:45 - 13:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0			
17:00 - 17:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0			
17:15 - 17:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0			
17:30 - 17:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
17:45 - 18:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0			
18:00 - 18:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
18:15 - 18:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
18:30 - 18:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
18:45 - 19:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0			
19:00 - 19:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0			
19:15 - 19:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0			
19:30 - 19:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0			
19:45 - 20:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0			

Anexo 41. Aforo Vehicular #39. (Fuente: Propia).

	Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas	Planilla de Aforo					Pag.	01
		Nombre del Proyecto						
		Propuesta de un sistema de semaforización para reducir el grado de saturación en las intersecciones de Av. Angamos Este con Av. República de Panamá, Av. Tomás Marsano y Av. Aviación; a través de la metodología del Ramp Metering.					AFORO PEATONAL	
Fecha:	16/7/2018 - 17/7/2018	Elaborado por:	Leonardo Basurto	Aprobado por:	Rodrigo Yzaguirre		Hora Inicio: 07:00:00	Hora Final: 13:00:00
Horario	Intersección Av. Angamos y Av. República Panamá				Intersección Av. Angamos y Av. Tomás Marsano			
	Acceso MiFarma	Acceso Tienda de Colchones	Acceso Maestro	Acceso Fábrica	Acceso Primax	Acceso Goodyear	Acceso Open Plaza	Acceso Central de Seguridad
07:00 - 07:15	274	215	36	44	185	160	324	160
07:15 - 07:30	322	221	42	52	217	188	381	188
07:30 - 07:45	334	212	43	54	225	195	395	195
07:45 - 08:00	262	210	34	42	177	153	310	153
08:00 - 08:15	310	234	40	50	195	169	342	169
08:15 - 08:30	364	239	47	59	229	198	401	198
08:30 - 08:45	378	245	49	61	237	206	416	206
08:45 - 09:00	297	249	38	48	186	162	327	162
09:00 - 09:15	277	246	36	45	189	164	332	164
09:15 - 09:30	325	234	42	52	222	193	390	193
09:30 - 09:45	337	200	44	54	231	200	405	200
09:45 - 10:00	265	187	34	43	181	157	318	157
10:00 - 10:15	271	185	35	44	158	137	277	131
10:15 - 10:30	318	195	41	51	185	161	325	137
10:30 - 10:45	330	229	43	53	192	167	337	161
10:45 - 11:00	259	280	34	42	151	131	265	167
11:00 - 11:15	322	271	42	52	154	133	269	127
11:15 - 11:30	378	272	49	61	180	156	316	133
11:30 - 11:45	392	230	51	63	187	162	328	156
11:45 - 12:00	308	234	40	50	147	127	258	162
12:00 - 12:15	320	221	41	51	181	157	317	150
12:15 - 12:30	375	232	49	60	212	184	372	157
12:30 - 12:45	389	238	50	63	220	191	386	184
12:45 - 13:00	306	245	40	49	173	150	303	191

Anexo 42. Aforo Peatonal #1. (Fuente: Propia).

	Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas	Planilla de Aforo		Pag. 02
		Nombre del Proyecto		AFORO PEATONAL
		Propuesta de un sistema de semaforización para reducir el grado de saturación en las intersecciones de Av. Angamos Este con Av. República de Panamá, Av. Tomás Marsano y Av. Aviación; a través de la metodología del Ramp Metering.		
		Elaborado por:	Aprobado por:		Hora de Trabajo :
Fecha:	18/7/2018	Leonardo Basurto	Rodrigo Yzaguirre	07:00:00 - 13:00:00
Horario	Intersección Av. Angamos y Av. Aviación			
	Acceso MiFarma	Acceso Coliseo Dibos	Acceso Central de Bicicletas	Acceso Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas
07:00 - 07:15	284	336	138	87
07:15 - 07:30	242	286	118	74
07:30 - 07:45	294	348	143	90
07:45 - 08:00	231	274	112	71
08:00 - 08:15	319	378	155	98
08:15 - 08:30	227	322	132	83
08:30 - 08:45	331	392	161	101
08:45 - 09:00	260	308	126	80
09:00 - 09:15	275	326	134	84
09:15 - 09:30	234	278	114	72
09:30 - 09:45	285	338	139	87
09:45 - 10:00	224	266	109	69
10:00 - 10:15	275	326	134	84
10:15 - 10:30	235	278	114	72
10:30 - 10:45	286	338	139	87
10:45 - 11:00	224	266	109	69
11:00 - 11:15	271	321	132	83
11:15 - 11:30	231	274	112	71
11:30 - 11:45	281	333	137	86
11:45 - 12:00	251	262	107	68
12:00 - 12:15	258	305	125	79
12:15 - 12:30	220	260	107	67
12:30 - 12:45	268	317	130	82
12:45 - 13:00	210	249	102	64

Anexo 43. Aforo Peatonal #2. (Fuente: Propia).

	Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas	Planilla de Aforo					Pag.	03
		Nombre del Proyecto						
		Propuesta de un sistema de semaforización para reducir el grado de saturación en las intersecciones de Av. Angamos Este con Av. República de Panamá, Av. Tomás Marsano y Av. Aviación; a través de la metodología del Ramp Metering.					AFORO PEATONAL	
Fecha:	16/7/2018 - 17/7/2018	Elaborado por:	Leonardo Basurto	Aprobado por:	Rodrigo Yzaguirre		Hora Inicio: 13:00:00	Hora Final: 20:00:00
Horario	Intersección Av. Angamos y Av. República Panamá				Intersección Av. Angamos y Av. Tomás Marsano			
	Acceso MiFarma	Acceso Tienda de Cokhones	Acceso Maestro	Acceso Fábrica	Acceso Primax	Acceso Goodyear	Acceso Open Plaza	Acceso Central de Seguridad
13:00 - 13:15	288	278	37	46	206	179	302	210
13:15 - 13:30	338	271	44	54	242	210	354	179
13:30 - 13:45	351	229	45	56	251	218	368	171
13:45 - 14:00	276	220	36	44	198	171	289	218
14:00 - 14:15	271	252	35	44	220	190	321	224
14:15 - 14:30	318	244	41	51	258	224	377	190
14:30 - 14:45	330	207	43	53	267	232	391	182
14:45 - 15:00	260	198	34	42	210	182	307	232
15:00 - 15:15	307	195	40	49	231	201	338	236
15:15 - 15:30	360	187	47	58	272	236	397	201
15:30 - 15:45	374	229	48	60	282	244	412	192
15:45 - 16:00	294	238	38	47	221	192	324	244
16:00 - 16:15	274	221	36	44	225	195	329	229
16:15 - 16:30	322	212	42	52	264	229	386	195
16:30 - 16:45	334	259	43	54	274	238	400	187
16:45 - 17:00	262	270	34	42	215	187	315	238
17:00 - 17:15	269	240	35	43	187	163	274	191
17:15 - 17:30	315	198	41	51	220	191	322	163
17:30 - 17:45	327	232	42	53	228	198	334	156
17:45 - 18:00	384	189	33	49	179	156	262	198
18:00 - 18:15	319	234	41	51	182	158	313	186
18:15 - 18:30	374	255	49	60	214	186	325	158
18:30 - 18:45	388	235	50	62	222	193	255	151
18:45 - 19:00	305	279	40	53	174	151	267	193
19:00 - 19:15	316	269	41	51	214	186	382	218
19:15 - 19:30	371	267	48	60	252	218	300	186
19:30 - 19:45	385	278	50	62	261	226	314	178
19:45 - 20:00	303	223	39	49	205	178	368	226

Anexo 44. Aforo Peatonal #3. (Fuente: Propia).

	Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas	Planilla de Aforo		Pag. 04	
		Nombre del Proyecto		AFORO PEATONAL	
		Propuesta de un sistema de semaforización para reducir el grado de saturación en las intersecciones de Av. Angamos Este con Av. República de Panamá, Av. Tomás Marsano y Av. Aviación; a través de la metodología del Ramp Metering.			
		Elaborado por:	Aprobado por:		Hora de Trabajo :
Fecha:	18/7/2018	Leonardo Basurto	Rodrigo Yzaguirre		13:00:00 - 20:00:00
Horario	Intersección Av. Angamos y Av. Aviación				
	Acceso MiFarma	Acceso Coliseo Dibos	Acceso Central de Bicicletas		Acceso Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas
13:00 - 13:15	261	309	127		80
13:15 - 13:30	222	263	108		68
13:30 - 13:45	271	320	132		83
13:45 - 14:00	213	252	103		65
14:00 - 14:15	281	333	137		86
14:15 - 14:30	239	283	116		73
14:30 - 14:45	291	345	142		89
14:45 - 15:00	229	271	111		70
15:00 - 15:15	316	374	154		97
15:15 - 15:30	269	319	131		82
15:30 - 15:45	328	388	159		100
15:45 - 16:00	258	305	125		79
16:00 - 16:15	273	323	132		83
16:15 - 16:30	232	275	113		71
16:30 - 16:45	283	335	137		87
16:45 - 17:00	222	263	108		68
17:00 - 17:15	273	323	132		84
17:15 - 17:30	232	275	113		71
17:30 - 17:45	283	335	137		87
17:45 - 18:00	222	263	108		68
18:00 - 18:15	269	318	131		82
18:15 - 18:30	229	271	111		70
18:30 - 18:45	279	330	135		85
18:45 - 19:00	219	259	106		67
19:00 - 19:15	255	302	124		78
19:15 - 19:30	218	258	106		67
19:30 - 19:45	265	314	129		81
19:45 - 20:00	208	246	101		64

Anexo 45. Aforo Peatonal #4. (Fuente: Propia).

Anexo 46. Angamos Este con Av. República de Panamá (Vista en Planta) - Propuesta. (Fuente: Propia)

Anexo 47. Simulación Av. Angamos Este con Av. Tomás Marsano (Vista en Planta) - Propuesta. (Fuente: Propia).

Anexo 48. Simulación 3D Av. Aviación Fase 2 - Propuesta. (Fuente: Propia).

Anexo 49. Simulación 3D Av. República de Panamá – Propuesta. (Fuente: Propia).