ATMIRE

Title	Reducción de la congestión vehicular a través de la implementación de la Ola Verde en la Av. Caminos del Inca en el tramo comprendido entre Jr. Batallón Callao Norte y Jr. Cádiz en el distrito de Surco
Item Type	http://purl.org/coar/resource_type/c_7a1f
Authors	Campomanes Campomanes, Alfredo Jorge;López Olivera, Joel Moisés
Publisher	Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)
Rights	https://purl.org/coar/access_right/c_abf2
Download date	2026-11-28 06:49:32
Item License	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/
Link to Item	http://hdl.handle.net/10757/626381

UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

Reducción de la congestión vehicular a través de la implementación de la Ola Verde en la Av. Caminos del Inca en el tramo comprendido entre Jr. Batallón Callao Norte y Jr. Cádiz en el distrito de Surco

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

AUTOR(ES)

CAMPOMANES CAMPOMANES, ALFREDO JORGE (0000-0002-5905-0438)

LÓPEZ OLIVERA, JOEL MOISÉS (0000-0002-5210-2768)

ASESOR

SILVERA LIMA, MANUEL ELÍAS (0000-0002-8265-9495)

Lima, 15 de enero de 2019

DEDICATORIA

A mis padres por todo el apoyo a lo largo del tiempo, en especial a mi madre que yace en el cielo y me dejo las mejores lecciones, "perseverancia y paciencia serán tus mejores herramientas en la vida para cumplir todas tus metas".

Alfredo Campomanes Campomanes

A mis padres por el constante apoyo brindado a lo largo de mi vida, demostrándome que lo más valioso que nos pueden dar nuestros progenitores son educación y valores.

Joel López Olivera

AGRADECIMIENTOS

A nuestro profesor de ingeniería de tránsito y a la vez asesor de tesis Ph. D. Ing. Manuel Silvera Lima, por brindarnos el sustento académico, la confianza y su respaldo para el desarrollo de esta tesina. A nuestras familias y seres queridos por ser nuestros pilares de motivación y fuente de inspiración para seguir desarrollándonos como personas y profesionales.

RESUMEN

El congestionamiento vehicular es uno de los problemas que más se agudiza en la ciudad de Lima. Este problema se ve reflejada en casi todas las calles y avenidas principales de la ciudad, debido a factores como el incremento del parque automotor que hacen colapsar la capacidad de la infraestructura y dejan en desuso la gestión de tránsito para la que fue diseñada; dicho de otra manera, el incremento del flujo vehicular ocasiona gran congestión, largas colas, prolongadas demoras y niveles de servicio deficientes. La zona de estudio a tratar se encuentra en el distrito de Surco y la vía intervenida es la avenida Caminos del Inca en el tramo del jirón Batallón Callao hasta el jirón Cádiz atravesando avenidas importantes como Velazco Astete e Higuereta. Esta avenida es una de las más transitadas del distrito de Surco a causa de los centros comerciales, institutos, universidades, entre otros, que se encuentran cercanas a esta importante arteria vial.

Por ello, este trabajo de tesis tiene como objetivo principal disminuir la congestión vehicular de la Av. Caminos del Inca en el tramo de estudio y mejorar los niveles de servicio en sus intersecciones con la implementación de la ola verde a través del modelamiento y simulación en el software Synchro 8.

Para la elaboración de este trabajo se recopilaron datos de campo como el aforo vehicular para determinar la hora punta y el volumen horario de máxima demanda vehicular, asimismo se realizó la medición de los ciclos semafóricos y sus faces en un día típico de la semana. Con todos estos datos compilados en el trabajo de campo, se obtuvieron los grados de saturación y los niveles de servicio actuales para que posteriormente sean evaluadas a fin de implementar la ola verde y optimizar el tránsito.

Finalmente, con la implementación de la ola verde y las modificaciones de gestión de tráfico se obtuvieron mejoras notables como optimización de los niveles de servicio en las intersecciones, por ejemplo, en la intersección N° 01 pasó de C a B, en la N° 02 de F a D, en la N° 03 de C a B y en la N° 04 de C a B; asimismo, las esperas en las intersecciones disminuyeron favorablemente como se indica a continuación, en la intersección N° 01 Bajó de 20.1s a 16.7s, en la N° 02 de 332.2s a 35.3s, en la N° 03 de 239.9s a 11.4s y en la N° 04 de 37.0s a 6.3s; de igual forma, el tiempo de recorrido de un punto extremo, intersección N° 01, al otro, Intersección N° 04, mejoró considerablemente de 6 minutos y 30 segundos

aproximadamente a 1 minuto y 28 |segundos debido a la sincronización progresiva del color verde de los semáforos en cada intersección..

Palabras Claves: Ola verde, Synchro 8.0, Niveles de servicio, Grado de saturación, Volumen horario de máxima demanda vehicular, Semaforización.

Reduction of vehicular congestion through the implementation of the Green Wave on the Caminos del Inca Avenue in the stretch between Batallón Callao Norte street and Cadiz street in the district of Surco.

ABSTRACT

Traffic congestion is one of the most acute problems in the city of Lima. This problem is reflected in almost all the streets and main avenues of the city, due to factors such as the increase in the vehicle fleet that collapses the capacity of the road infrastructure and leaves the traffic management for which it was designed in disuse; In other words, the increase in the flow of vehicles causes great congestion, long queues of vehicles, prolonged delays and poor service levels. The study area to be treated is in the district of Surco and the intervened road is the Caminos del Inca avenue in the stretch from Batallón Callao street to Cádiz street crossing important avenues such as Velazco Astete and Higuereta. This is one of most heavily traveled avenue in the district of Surco because of the shopping centers, institutes, universities, among others, that are close to this important traffic artery.

Therefore, this thesis work has as main objective to reduce the vehicular congestion of this avenue and improve the service levels of its intersections with the implementation of the green wave through modeling and simulation in the Synchro 8 software.

For the elaboration of this research work, field data were collected, such as the vehicle capacity to determine the peak hour and the hourly volume of maximum vehicular demand, as well as the measurement of the traffic light cycles and their faces in a typical day of the week. With all this data compiled in the field work, saturation degrees and current service levels were obtained so that later they can be evaluated in order to implement the green wave and optimize traffic.

Finally, with the implementation of the green wave and traffic management modifications, notable improvements were obtained such as optimization of service levels at intersections, for example, at intersection No. 01 it went from C to B, at No. 02 from F to D, in No. 03 from C to B and in No. 04 from C to B; in the same way, the travel time from an extreme point, intersection No. 01, to the other, Intersection No. 04, improved considerably from 6 minutes and 30 seconds approximately to 1 minute and 28 seconds due to the progressive synchronization of the green colour of the traffic lights in each intersection.

Key Words: Green wave; Synchro 8.0; Service levels; Degree of saturation; Maximum hour demand vehicle volume; Traffic light.

ÍNDICE

DEDICATORIA 2
AGRADECIMIENTOS 3
RESUMEN 4
ÍNDICE 8
ÍNDICE DE TABLAS 12
ÍNDICE DE GRÁFICOS 14
INTRODUCCIÓN 16
ANTECEDENTES 16
REALIDAD PROBLEMÁTICA 16
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 19
HIPÓTESIS 19
OBJETIVO GENERAL 19
OBJETIVOS ESPECÍFICOS 19
1 CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO 20
1.1 VÍAS URBANAS 20
1.2 TEORÍA DE FLUJO VEHICULAR 20
1.2.1 El Problema del tráfico vehicular 20
1.2.2 Conflicto del tráfico vehicular: 23
1.2.3 Modelo fluido dinámico: 24
1.2.4 Teoría del seguimiento vehicular: 26
1.3 ESCALAS DE MODELACIÓN DEL TRANSITO 29
1.4 CONTROL DE INTERCEPCIONES 31

1.4.1 Semáforos: 31
1.4.2 Semaforización: 31
1.5 TEORIA DE COLAS 32
1.6 AFOROS VEHICULARES 33
1.6.1 Métodos de aforo: 33
1.6.2 Aforos en zonas urbanas: 34
1.7 VOLUMEN HORARIO DE MÁXIMA DEMANDA ($n60$) 34
1.8 FACTOR DE HORA PICO (PHF) 34
1.9 FLUJO DE SATURACIÓN 35
1.10 NIVELES DE SERVICIO 42
1.11 OLA VERDE 46
1.12 PROGRAMA SYNCHRO 8.0: 52
2 CAPÍTULO II: METODOLOGIA Y RECOLECCION DE DATOS 53
2.1 METODOLOGIA DE TRABAJO 53
2.2 RECOLECCION DE DATOS 54
2.2.1 Ubicación De Las Intersecciones 55
2.2.2 Aforo de Volúmenes Vehículos Mixtos 56
2.2.3 Aforo de Volúmenes intersección N° 01 56
2.2.4 Aforo de Volúmenes intersección N° 02 58
2.2.5 Aforo de Volúmenes intersección N° 03 59
2.2.6 Aforo de Volúmenes intersección N° 04 61
2.3 FACTOR DE HORA PUNTA 62
2.3.1 Intersección N° 01: Av. Caminos del Inca – Jr. Batallón Callao 62
2.3.2 Intersección N° 02 Av. Caminos del Inca – Av. Velasco Astete 63

2.3.3 Intersección N° 03 Av. Caminos del Inca – Av. Higuereta 63
2.3.4 Intersección N° 04: Av. Caminos del Inca – Calle El Cádiz 63
2.4 FLUJOGRAMAS 64
1.12.1 AV. CAMINOS DEL INCA – CALLE BATALLON CALLAO 65
2.4.2 AV. CAMINOS DEL INCA – AV VELASCO ASTETE 66
2.4.3 AV. CAMINOS DEL INCA – AV HIGUERETA 67
2.4.4 AV. CAMINOS DEL INCA – JR. CADIZ 68
3 CAPÍTULO III: MODELAMIENTO EN PROGRAMA SYNCHRO 8.0 69
3.1 FLUJO VEHICULAR DE LAS INTERSECCIONES ESTUDIADAS 71
3.2 RESTRICCIÓN DE LOS GIROS A LA IZQUIERDA 71
3.3 MODIFCIACIÓN DE LA GEOMETRIA 72
3.4 DESVIOS Y CANALIZACIÓN DE FLUJO VEHICULAR 73
3.4.1 Desvió y canalización en Intersección N° 01 (Batallón) 73
3.4.2 Desvió y canalización en Intersección N° 02 (Astete) 74
4 CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS 76
4.1 INTERSECCIONES 76
4.1.1 Intersección N° 01 Caminos del Inca y Batallón Callao 76
4.1.2 Intersección N° 02 Caminos Del Inca Y Velazco Astete 78
4.1.3 Intersección N° 03 caminos del inca y av. Higuereta 81
4.1.4 Intersección N° 04 Caminos Del Inca Y Calle El Cádiz 83
4.2 CICLOS SEMAFORICOS DE LAS INTERSECCIONES 85
4.2.1 Intersección N° 01 Caminos del Inca con Batallón Callao 85
4.2.2 Intersección N° 02 Caminos del Inca con Velazco Astete 86
4.2.3 Intersección N° 03 Caminos del Inca con Higuereta 87

4.2.4 Intersección N° 04 Caminos del Inca con Cádiz 87
4.3 DIAGRAMA TIEMPO ESPACIO DE OLA VERDE 88
5 CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 90
5.1 CONCLUSIONES 90
5.2 RECOMENDACIONES 91
6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 93
7 ANEXOS 95
I. ANEXO N° 1 95
II. ANEXO N° 2 101
III. ANEXO N° 3 107
IV. ANEXO N° 4 112
V. ANEXO N° 5 117
VI. ANEXO N° 6 122
VII ANEXO N° 7 126

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 0-1: Parque automotor nacional por clase de vehículo 17

Tabla 1-1: Valores de factor de ajuste por ancho de carriles. 36

Tabla 1-2: Valores de EL para cálculo de Factor de ajuste por vueltas a la izquierda 40

Tabla 1-3: Valores de ER para cálculo de Factor de ajuste por vueltas a la derecha 41

Tabla 1-4: Valores de $fLpb$ 42

Tabla 1-5: Valores de $fRpb$ 42

Tabla 1-6: Niveles de Servicio HCM 2010. 44

Tabla 1-7: Nivel de ICU – Manual Synchro 8.0. 46

Tabla 2-1: Factor de Hora Punta Intersección N° 01 62

Tabla 2-2: Factor de Hora Punta Intersección. N° 02. 63

Tabla 2-3: Factor de Hora Punta Intersección. N° 03. 63

Tabla 2-4: Factor de Hora Punta Intersección. N° 04. 63

Tabla 4-1: Grado de Saturación por acceso Intersección Batallón 77

Tabla 4-2: Indicadores - Intersección N° 01 77

Tabla 4-3: Grado de Saturación por acceso Intersección V. Astete. 79

Tabla 4-4: Indicadores - Intersección N° 02 80

Tabla 4-5: Grado de Saturación por acceso Intersección Higuereta. 81

Tabla 4-6: Indicadores - Intersección N° 03 82

Tabla 4-7: Grado de Saturación por acceso Intersección Cádiz 83

Tabla 4-8: Indicadores - Intersección N° 04 84

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 1-1: Esquema de Manhein..... 21

Figura 1-2: Importancia del tráfico en la dinámica del sistema de transporte..... 22

Figura 1-3: Clasificación de los conflictos de tráfico..... 24

Figura 1-4: Representación del tráfico en el espacio (s) – tiempo (t)..... 25

Figura 1-5: Sistema de análisis de la teoría del seguimiento vehicular..... 26

Figura 1-6: Distribución del tiempo percepción-respuesta..... 28

Figura 1-7: Descripción de dos ciclos de semáforo..... 32

Figura 1-8: Descripción de dos ciclos de semáforo..... 32

Figura 1-9: Sistema de Control de tránsito..... 47

Figura 1-10: Diagrama Tiempo – Distancia..... 52

Figura 2-1: Metodología de trabajo..... 54

Figura 2-2: Ubicación Av. Caminos del Inca e Intersecciones de Estudio..... 55

Figura 2-3: Periodo vs Vehículos Mixtos de la Intersección N° 01..... 57

Figura 2-4: Ciclo semafórico de la intersección N° 01..... 57

Figura 2-5: Periodo vs Vehículos Mixtos de la Intersección N° 02..... 58

Figura 2-6: Ciclo semafórico de la intersección N° 02..... 59

Figura 2-7: Periodo vs Vehículos Mixtos de la Intersección N° 03..... 60

Figura 2-8: Ciclo semafórico de la intersección N° 03..... 60

Figura 2-9: Periodo vs Vehículos Mixtos de la Intersección N° 04..... 61

Figura 2-10: Ciclo semafórico de la intersección N° 04..... 62

Figura 2-11: Flujograma Caminos del Inca y Batallón..... 65

Figura 2-12: Flujograma Caminos del Inca y Velazco A..... 66

Figura 2-13: Flujograma Caminos del Inca y Av. Higuereta..... 67

Figura 2-14: Flujograma Caminos del Inca y Cádiz..... 68

Figura 3-1: Modelamiento de las Vías en Synchro 8.0 69

Figura 3-2: Flujo Vehicular de la Zona de Estudio (Av. Caminos del Inca)..... 71

Figura 3-3: Restricciones de giro a la izquierda en intersecciones N° 01 y N° 02..... 72

Figura 3-4: Av. Implementación de Tercer Carril (tramo Higuereta – Velasco A.) 73

Figura 3-5: Desvió y canalización en Intersección N° 01 (Batallón)..... 74

Figura 3-6: Desvió y canalización en Intersección N° 02 (Astete) 75

Figura 4-1: Intersección N° 1 - Escenario Actual (a) vs Ola Verde (b) 76

Figura 4-2: Intersección N° 2 - Escenario Actual vs Ola Verde 78

Figura 4-3: Intersección N° 3 - Escenario Actual vs Ola Verde 81

Figura 4-4: Intersección N° 4 - Escenario Actual vs Ola Verde 83

Figura 4-5: Intersección N° 01 Ciclos Semafóricos..... 86

Figura 4-6: Intersección N° 02 Ciclos Semafóricos..... 86

Figura 4-7: Intersección N° 03 Ciclos Semafóricos..... 87

Figura 4-8: Intersección N° 04 Ciclos Semafóricos..... 88

Figura 4-9: Diagrama Tiempo Espacio de la Ola Verde 89

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

La avenida Caminos del Inca es una de las principales vías del distrito Santiago de Surco, atraviesa importantes avenidas como la avenida Tomás Marsano, la avenida Benavides, la avenida Velasco Astete y la avenida Angamos.[1] (Debido a la alta concurrencia de usuarios para las actividades de la zona, generadoras de tráfico comerciales, como el Jirón Morro Solar, las Avenidas Benavides y Caminos del Inca, se generan un alto grado de congestionamiento durante gran parte del día…)[2]

Las intersecciones a analizar en esta tesina son desde el tramo Jr. Batallón Callao Norte y Jr. Cádiz, estas intersecciones han sido expuestas a un crecimiento progresivo inmobiliario, un incremento en la transitabilidad de sus vías debido a una gran demanda de servicios públicos y privados como colegios, universidades, centros comerciales, etc., ya que esta zona se encuentra en una de las ubicaciones más céntricas de este distrito.

Según el Plan distrital de seguridad ciudadana 2015 de la Municipalidad de Santiago de Surco, los lugares donde hay mayor incidencia de accidentes de tránsito son carretera Panamericana Sur que atraviesa el distrito de Sur a Norte, siguiendo en accidentes la Av. Alfredo Benavides y la Avenida Caminos del Inca, siendo la mayor incidencia de choques y atropellos a transeúntes, por lo que se realizan permanente operativos con la Subgerencia de Transito para el control de las Unidades de transporte público y privado.

REALIDAD PROBLEMÁTICA

Lima es una ciudad con un alto número de vehículos. Según un reporte en 2016 de la Cámara de Lima, el parque automotor de la capital peruana está constituido por 1’752.919 vehículos. Lo cual hace que en esta ciudad “…se pueda percibir a diario

[1] CODISEC – SURCO 2015: 26

[2] ESAN 2016: 236

el aumento del tráfico y de la congestión vehicular con marcado énfasis en los últimos cinco años..."[3]

Según la ONG Luz Ámbar, una de las razones del caos vehicular en la capital es la falta de ordenamiento en el sistema de semaforización en las intersecciones. En Lima existen unas 1.200 intersecciones semaforizadas, de las cuales solo 380 tienen fibra óptica y son controladas desde una central de la Municipalidad de Lima.

Departamentos	CLASE DE VEHÍCULO									
	TOTAL	Automóvil	Station wagon	Camionetas			Ómnibus	Camión	Remolcador	Remolque Semirem.
				Pick-up	Rural	Panel				
TOTAL	2'661.719	1'167.041	403.193	283.479	365.316	43.387	80.119	213.155	43.604	62.425
Lima / Callao	1'752.919	807.529	284.251	163.793	236.502	31.006	50.441	116.601	29.520	33.276
La Libertad	190.073	77.440	21.459	25.037	18.382	1.372	7.105	21.208	4.548	13.522
Arequipa	187.929	89.335	14.236	21.353	27.142	1.989	5.099	16.853	4.804	7.118
Cusco	73.997	29.313	12.253	9.108	11.300	578	2.938	8.160	281	66
Lambayeque	68.261	30.741	5.908	9.192	9.418	1.034	1.348	8.088	572	1.960
Junín	67.049	22.296	12.308	8.749	9.715	295	2.139	9.231	881	1.435
Piura	55.060	23.771	4.922	10.378	7.915	400	1.280	5.503	518	373
Tacna	49.382	18.040	11.476	4.777	5.580	1.556	1.703	4.727	614	909
Puno	47.696	8.711	8.867	4.740	14.029	3.246	2.562	4.887	297	357
Áncash	33.542	14.484	5.472	4.009	5.555	235	940	2.415	199	233
Los demás	135.811	45.381	22.041	22.343	19.778	1.676	4.564	15.482	1.370	3.176

Tabla 0-1: Parque automotor nacional por clase de vehículo
Fuente: MTC 2016

El distrito de Santiago de Surco es uno de los distritos que sufre el alto congestionamiento vehicular, debido a alto número de vehículos público y privado que transitan por sus principales vías.

> "Surco tiene una extensión de 42 km2 (con otras zonas en disputa llegaría a 45 km2) y una población de 338.509 habitantes, según estimaciones del INEI al 2014. Sin embargo, por el distrito transitan al menos un millón de personas al día. Eso explica la congestión y el mayor problema del distrito: la inseguridad…el panorama no es distinto en otras vías metropolitanas como Benavides, Javier Prado, Los Próceres, Caminos del Inca o La Encalada. **"La saturación de vías obliga a los conductores a ingresar a calles estrechas que definitivamente colapsarán. Con eso incrementan el caos"**, informó la Policía de Tránsito."[4]

[3] LA CÁMARA 2018: 25
[4] EL COMERCIO 2014: 11

Una de las formas de gestión para disminuir la congestión vehicular es la implementación de "olas verdes" en avenidas principales. Esta implementación consiste en sincronizar una serie de semáforos de intersecciones continuas, en la cual se da preferencia a la vía principal con una secuencia progresiva de verdes. De esta manera el tráfico en dicha vía es más fluido.

> "Las llamadas "**olas verdes**", que no son otra cosa que la sincronización de los semáforos en vías principales de Lima para permitir una mayor fluidez vehicular ya está dando sus fruto" sostuvo Maribel Vidal, Subgerente de Ingeniería del Tránsito de la Gerencia de Transporte Urbano de la Municipalidad Metropolitana de Lima.[5]
>
> Por citar un ejemplo, dijo la funcionaria "que la recientemente inaugurada **avenida Canadá**, está permitiendo un **ahorro en tiempo de viaje del orden del 40%"**.

El siguiente trabajo, tesina, estará orientada a diagnosticar el estado actual del congestionamiento vehicular y sus niveles de servicios en las intersecciones de esta importante avenida con Jr. Batallón Callao Norte, Av. Velasco Astete, Av. Higuereta y Jr. Cádiz, para proponer una mejora con la implementación de la "ola verde" simulada con el software Synchro 8.0.

[5] CAPITAL 2012: Entrevista a Maribel Vidal, Subgerente de Ingeniería del Tránsito de la Gerencia de Transporte Urbano de la Municipalidad Metropolitana de Lima - Jueves 13 de diciembre 2012

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Es posible disminuir la congestión de la Av. Caminos del Inca en el tramo comprendido entre Jr. Batallón Callao Norte y Jr. Cádiz con la implementación de la Ola Verde?

HIPÓTESIS

La Ola verde mejora el nivel de servicio de los vehículos de la Av. Caminos del Inca en el tramo comprendido entre el Jr. Batallón Callao Norte y el Jr Cádiz reduciendo las demoras del sistema y grados de saturación formadas en los accesos de las intersecciones.

OBJETIVO GENERAL

Mejorar el nivel de Servicio en la Av. Caminos de Inca en el tramo comprendido entre Jr. Batallón Callao Norte y el Jr. Cádiz en distrito de Surco utilizando el Sistema de Gestión Ola Verde Simulado en el Synchro 8.0.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recopilar información del volumen vehicular en las Intersecciones de la Av. Caminos del Inca entre el Jr. Batallón Callao Norte y Jr. Cádiz.
- Modelar el flujo vehicular actual a través del Synchro 8.0
- Diagnosticar los niveles de servicio en las Intersecciones de la Av. Caminos del Inca entre el Jr. Batallón Callao Norte y Jr. Cádiz.
- Desarrollar la simulación de la Ola Verde en el software Synchro 8.0 y calcular los nuevos niveles de servicio

1 CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1 VÍAS URBANAS

El artículo 32 del Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial denomina a las Vías urbanas como, “arterias o calles conformantes de un centro poblado, que no forman parte del Sistema Nacional de Carreteras las que se reglamentan por ordenanzas de los gobiernos locales.

Clasificación de Vías Urbanas

- Vías Expresas
- Vías Arteriales
- Vías Colectoras
- Vías Locales

1.2 TEORÍA DE FLUJO VEHICULAR

A través de los análisis de los elementos del tráfico vehicular se llega a entender cuáles son las características y el comportamiento del tráfico, los cuales son se requiere para etapas de planeamiento, proyecto y funcionamiento de carretera, calles y complementos dentro del sistema de transporte. Para la descripción de la forma que circulan los vehículos en cualquier tipo de vialidad se aplican las leyes de la física, así como el uso de la matemática. Permitiendo la determinación del nivel de eficiencia de la operación. El desarrollo de modelos macroscópicos y microscópicos es uno de los resultados del análisis del flujo vehicular, ya que relacionan sus diferentes variables que son la velocidad, la densidad, el volumen, el intervalo y el espaciamiento. Aquellos modelos sirvieron como fuente principal para el desarrollar el concepto de capacidad y nivel de servicio[6].

1.2.1 El Problema del tráfico vehicular

Existen diversos enfoques para el problema del transporte de las cuales Manheim (1984) presenta una perspectiva en la cual se reconoce la importancia del estudio del tráfico como fenómeno físico. A continuación, en

[6] Cal y Mayor 2006:246

la siguiente Figura 1-1 se presenta el enfoque de Manheim para la comprensión de la dinámica del transporte

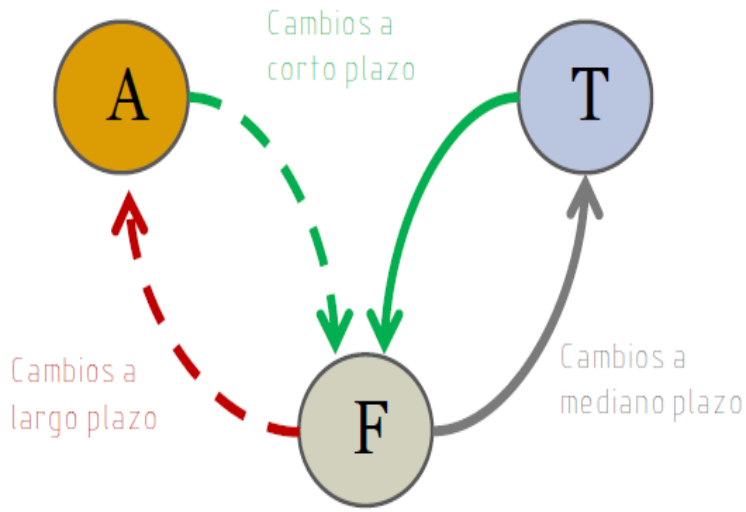


Figura 1-1: Esquema de Manhein
Fuente: Fernández R. (2008)

Siendo:

A: Sistema de actividades en un área geográfica

- Residencia.
- Trabajo y estudio.
- Servicios.
- Esparcimiento.

T: Sistema de transporte en el área geográfica

- Vías.
- Vehículos.
- Terminales (estaciones, paraderos, estacionamientos).
- Forma de operar el sistema (sentidos de calles, frecuencia de los buses, etc.).

F: Patrón de viajes en el área

- Entre distintos pares origen – destino.
- En diversos medios o modos de transporte (auto, bus, metro, a pie, etc.).
- Por variadas rutas (conjuntos conexos de vías).
- Durante diferentes períodos (punta mañana, tarde, fuera de punta, etc.).

Según el enfoque de Manhein:

"De acuerdo con este enfoque, la interacción entre el Sistema de Actividades (A) y el Sistema de Transporte (T) genera, en el corto plazo, un determinado Patrón de Viajes (F). Según las características de F, se producirán cambios sobre T en un mediano plazo (e.g., aumento de frecuencias del transporte público, nuevas conexiones viales) o sobre A en un plazo más largo (e.g., creación de centros comerciales, cambio de lugar de residencia)"[7].

La circulación de las personas en el espacio público a través de varios mecanismos de transportes es el tránsito o el tráfico. Esto ocasiona diversas formas de circulación que viene a ocasionar impactos en los usuarios del sistema y sobre su entorno. El producto de lo anterior son los cambios de mediano y largo plazo sobre T y A. Por ende, el esquema de Manheim se puede prolongar en la siguiente Figura 1-2.[8]

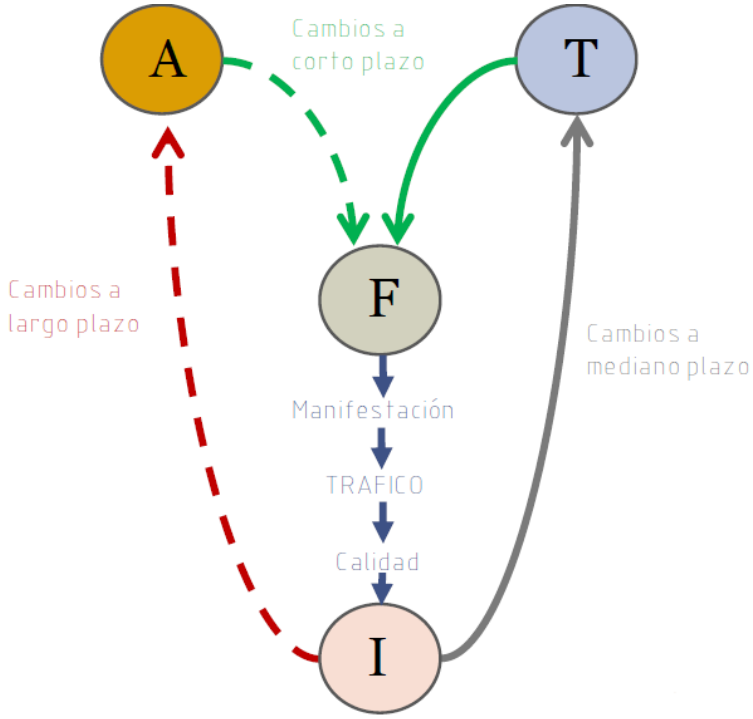


Figura 1-2: Importancia del tráfico en la dinámica del sistema de transporte
Fuente: Fernández R. (2008).

Siendo:

[7] Cfr: FERNÁNDEZ 2008: 7-8

[8] Cfr: TORRES Y ALVARADO 2018: 17

A: Sistema de actividades en un área geográfica

T: Sistema de transporte en el área geográfica

F: Patrón de viajes en el área

I: conjunto de impactos derivados del tráfico (congestión, polución, riesgo, ruido, segregación, intimidación, intrusión visual).

- Congestión: demoras a usuarios, formación de colas y detenciones de vehículos.
- Polución: emisión de contaminantes atmosféricos.
- Riesgo: aumento en la gravedad y número de accidentes.

1.2.2 Conflicto del tráfico vehicular:

Al momento que dos o más personas pretendan utilizar una sola vía de manera simultánea se producirá un conflicto de tráfico.

Los conflictos de tráfico se clasifican de tres formas, los concurrenciales, direccionales y funcionales.

- Conflictos concurrenciales: Esta se presenta en una misma vía en la cual los vehículos circulan en una misma dirección, pero con diferentes velocidades, esto se aprecia en la figura 1-3 (a).
- Conflictos direccionales: Se ocasionan en una misma intersección, estas son ocasionadas por las distintas maniobras que pueden realizar los conductores del vehículo, revisar figura 1-3 (b).
- Conflictos funcionales: Estos conflictos son generados un mismo punto de un terminal, ya sea formal o informal, ejemplo de ello se produce cuando los vehículos de trasporte público se estacionan en los paraderos[9], una representación de este comportamiento se puede ver en la Figura 1-3 ©.

[9] Cfr: ARIAS 2014: 34

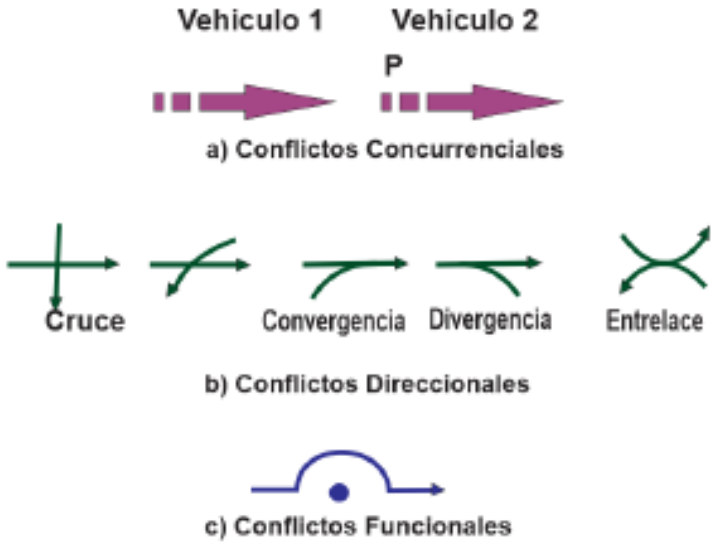


Figura 1-3: Clasificación de los conflictos de tráfico.
Fuente: Torres y Alvarado (2018)

1.2.3 Modelo fluido dinámico:

La vía donde se produce la circulación continua no es necesariamente recta. Pueden tener curvatura horizontal y vertical; además, las vías presentan anchos distintos a cero. Sin embargo, desde un punto de vista general que abarque uno o más kilómetros, se puede representar la circulación a lo largo de un solo eje espacial.

Para "ver" la circulación (movimiento) se requiere, además, del eje temporal. Entonces, el tráfico se verificará en una "ventana" espacio-temporal. En la figura 1-4 se muestra cómo se observa el tráfico de un conjunto de vehículos circulando a distintas velocidades en un tramo de longitud L y durante un período T[10].

[10] FERNÁNDEZ 2008: 12

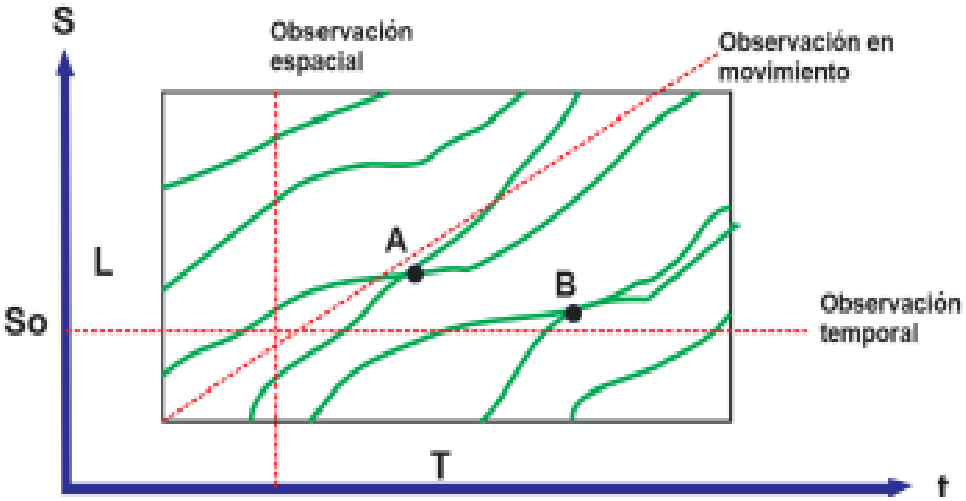


Figura 1-4: Representación del tráfico en el espacio (s) – tiempo (t).
Torres y Alvarado (2018).

Se muestra en la Figura 1-4 tres puntos de observación donde se explica las diferentes formas de ver el tráfico vehicular de un conjunto de vehículos en movimiento.

- **La Observación espacial.** El observador en un instante (T_0) realiza un visualización de todo el tramo L, es decir, sería como captar una imagen desde un "drone" en una instante de tiempo. En la figura 1-4 el observador ve 4 Vehículos.
- **La observación temporal.** El observador se ubica en un lugar estratégico del tramo (S_0) y puede observar todo lo que sucede durante todo el periodo T. en la Figura 1-4 desde el punto de vista del observador este puede llegar a ver 5 Vehículos.
- **La observación en movimiento**. El observador entra a la corriente vehicular, circulando a velocidad constante, obtiene información (ejemplo, método del vehículo flotante para medir velocidades).[11] En la Figura 1-4 el observador visualiza a 2 vehículos.

Además, tiene dos puntos. El punto A representa el adelanto de un vehículo y el punto B representa el alcance de otro vehículo.

[11] Cfr: FERNÁNDEZ 2008: 12-13

1.2.4 Teoría del seguimiento vehicular:

La teoría del seguimiento vehicular (car following theory) tiene varios precursores en la década de 1950, pero su formalización se consolida con el trabajo de Herman et al (1958) en los laboratorios de General Motors. Consiste en una descripción microscópica de cómo se comporta un vehículo al ir tras de otro. El objetivo es que mediante esta descripción se pueda extrapolar el comportamiento macroscópico de toda una corriente de vehículos por una pista. Al igual que los modelos fluido dinámicos, estudia una corriente de tráfico continua y confinada a una pista (sin adelantamiento). Posteriores desarrollos (Gipps, 1981 y Gipps, 1986) levantan esta restricción y permiten describir el adelantamiento entre vehículos. En la Figura 1-5 se muestra el sistema bajo análisis encerrado por una línea punteada.[12]

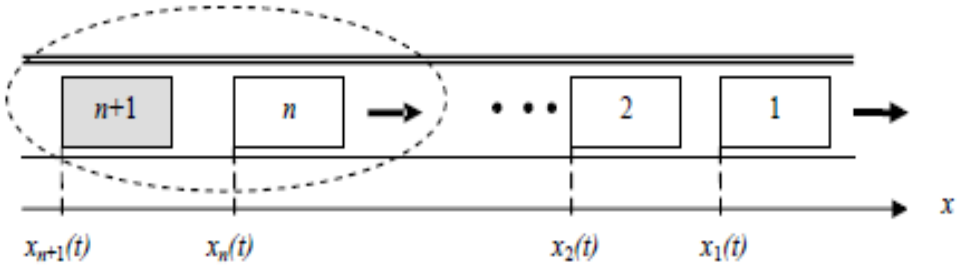


Figura 1-5: Sistema de análisis de la teoría del seguimiento vehicular. Fernández R. (2008).

La teoría del seguimiento vehicular describe el comportamiento del vehículo n+1 (sucesor) en función de lo que haga el vehículo n (predecesor). Asume que existe correlación entre los comportamientos del vehículo predecesor y sucesor cuando el espaciamiento entre ambos es menor a los 100-125 metros Se definen las siguientes variables:[13]

$x_n(t) =$ Posición de un vehículo n en el instante t

$\dot{x}_n(t) =$ Velocidad de un vehículo n en el instante t

$\ddot{x}_n(t) =$ Aceleración de un vehículo n en el instante t

[12] Cfr: FERNÁNDEZ 2008: 24

[13] Cfr: FERNÁNDEZ 2008: 25

Se asumirá que el conductor del vehículo sucesor variará su conducta (respuesta) en forma proporcional al estímulo que recibe, ponderado por su sensibilidad. Es decir:

Respuesta = Sensibilidad · Estímulo

En un sistema cerrado, el estímulo lo proporcionará el vehículo predecesor al reducir o aumentar la velocidad relativa a la del sucesor. Las respuestas del sucesor podrían ser tres: mantener su velocidad (v.g., si el predecesor está alejado), reducir su velocidad o aumentarla. Naturalmente, la respuesta no será inmediata, sino que tendrá un rezago temporal. De acuerdo con lo anterior, la formulación matemática del supuesto de comportamiento es la siguiente.[14]

$$\ddot{x}_{n+1}(t+T) = \lambda \cdot [\dot{x_n}(t) - \dot{x}_{n+1}(t)] \qquad \text{(Ec.:1-1)}$$

Dónde:

λ= valor de la sensibilidad [s^{-1}]

T = tiempo percepción-respuesta [s]

En la ecuación anterior se utiliza el subíndice n+1 para enfatizar que la respuesta se refiere al vehículo sucesor.

El tiempo percepción-respuesta es el tiempo que le toma al conductor del vehículo sucesor reaccionar. El lapso percepción-respuesta involucra la siguiente serie de acciones, cada una de las cuales agrega una demora a la respuesta de un conductor frente a un estímulo:[15]

- Percibir el estímulo
- Interpretar el estímulo
- Evaluar la mejor respuesta
- Ejecutar la respuesta decidida
- Transmisión mecánica de la respuesta

[14] Cfr: FERNÁNDEZ 2008: 25
[15] Cfr: FERNÁNDEZ 2008: 25

Como existen diferentes conductores, no hay un único tiempo percepción-respuesta, sino una distribución de estos valores. La distribución sigue una tendencia Log normal, como la mostrada en la Figura 1-6, De esta se puede observarse que la moda de la distribución es 1,0 segundos. Sin embargo, a un 10% de los conductores les tomará más de 2,5 segundos reaccionar; además, sólo un 20% puede hacerlo en un lapso de medio segundo. La correcta selección del tiempo percepción-respuesta es importante al diseñar las vías y sus sistemas de control de tráfico (v.g., señalización).[16]

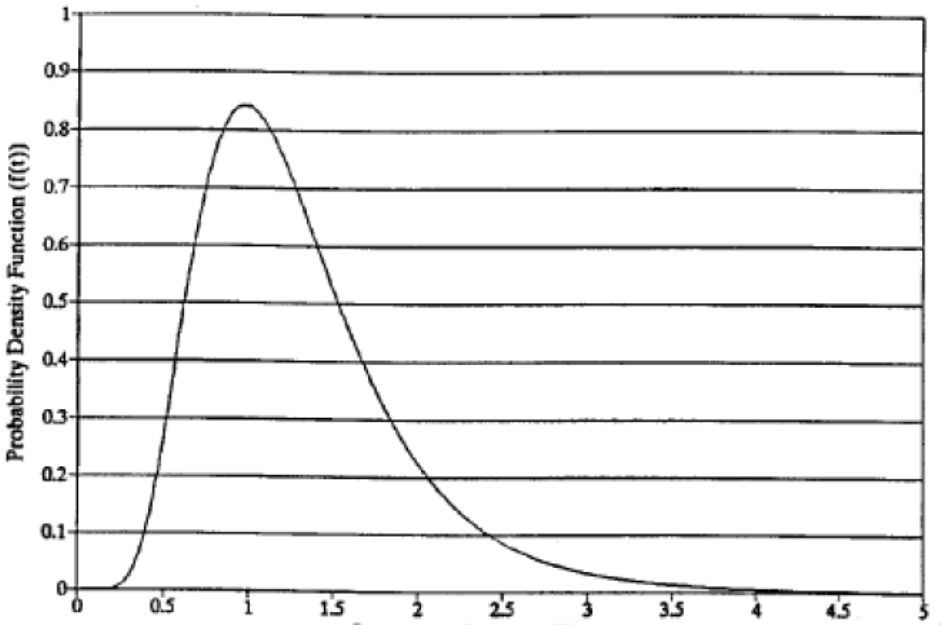


Figura 1-6: Distribución del tiempo percepción-respuesta.
Fuente: Fernández R. (2008).

Volviendo al modelo de comportamiento del vehículo sucesor, este puede escribirse como una ecuación diferencial de la forma:

$$\frac{dv_{n+1}}{dt} = \lambda \frac{ds_{n+1}}{dt} \qquad \text{(Ec.:1-2)}$$

Dónde:

$$S_{n+1} = x_n(t) - x_{n+1}(t) \qquad \text{(Ec.:1-3)}$$

$$v_{n+1} = \dot{x}_{n+1}(t) \qquad \text{(Ec.:1-4)}$$

[16] Cfr: FERNÁNDEZ 2008: 26

1.3 ESCALAS DE MODELACIÓN DEL TRANSITO

Los modelos matemáticos son capaces de explicar el fenómeno del flujo vehicular que es la base para el desarrollo de la teoría de control. Existen diferentes perspectivas para la simulación del tráfico, podemos separarlo en 3 grandes grupos, los modelos macroscópicos, los modelos mesoscópicos y los modelos microscópicos.

Modelos Macroscópicos:

Este modelo es, comúnmente, idóneo para los estudios de gran escala donde las principales variables de interés se encuentran relacionadas con las características del flujo[17]

Este modelo Relaciona la velocidad de los vehículos, el flujo y la densidad de tráfico. Estos modelos son continuos y utilizan ecuaciones diferenciales. No tiene en cuenta cada vehículo de forma individual, sino el conjunto.[18]

Entre las plataformas de simulación macroscópica más relevantes se encuentran TRANSYT-7F, VISUM, FREFLO, NETVACI, TransCAD, KRONOS, AUTOS, EMME/2, METANET y METACOR.[19]

Modelos Mesoscópicos:

Este modelo, representan una aproximación intermedia entre los modelos microscópicos y los macroscópicos en la medida en que mezclan conceptos y herramientas de ambos modelos al analizar el comportamiento de grupos de conductores.[20]

Para este modelo se utilizan métodos estadísticos con la finalidad de expresar la probabilidad de que un vehículo se encuentre en cierto instante en una posición determinada.[21]

[17] ROBLES, ÑAÑEZ Y QUIJANO 2009: 64
[18] FERRER 2017: 51
[19] ROBLES, ÑAÑEZ Y QUIJANO 2009: 64
[20] ROBLES, ÑAÑEZ Y QUIJANO 2009: 64
[21] FERRER 2017: 51

Las plataformas de simulación que utilizan modelos mesoscópicos son, entre otras, METROPOLIS, DYNASMART, DYNAMIT e INTEGRATION.

Modelos Microscópicos:

Estos modelos, como su nombre sugieren, presentan la escala más pequeña para el acercamiento al análisis de los sistemas de tráfico urbano. En este sentido, sus variables de interés se relacionan con el comportamiento de vehículos individuales respecto a la infraestructura y a los demás vehículos en ella.[22]

Este modelo trata de modelar el tránsito describiendo el comportamiento individual de cada uno de los vehículos. Este comportamiento se ve afectado por el comportamiento de los demás vehículos, lo que provoca que exista una interacción entre todos los vehículos que forman parte del sistema. Dentro de los modelos microscópicos, se destacan los modelos de seguimiento de vehículos.[23]

Considerar que el modelo procure representar comportamientos consientes esto hará que aumente en altamente su complejidad y costos. Entre las plataformas de micro simulación más relevantes están INTRAS, FRESIM, MITSIM, NETSIM, CORSIM, VISSIM, THOREAU, FLEXSYT-II y AIMSUM.[24]

Existen otros softwares de simulación y su uso este afecto a la necesidad según las características específicas de estudio, entre ellos podemos mencionar:

- Software para planeación y evaluación: HCS2000.
- Software para evaluación y optimización: SIDRA, TRANSYT-7F y SYNCHRO.
- Software para microsimulación: LISA+, TSIS y VISSIM.

Para este caso, los aforos de la zona estudiada serán analizados en el software Synchro 8.0 en un modelo mesoscópicos, considerando que para obtener la solución que mejore las condiciones del tráfico es suficiente recopilar y evaluar variables

[22] ROBLES, ÑAÑEZ Y QUIJANO 2009: 64
[23] ROBLES, ÑAÑEZ Y QUIJANO 2009: 64
[24] FERRER 2017: 52

relacionadas con el flujo vehicular tales como el Aforo, volumen horario de máxima demanda, ciclos semafóricos, datos geométricos del área de estudio.

1.4 CONTROL DE INTERCEPCIONES

1.4.1 Semáforos:

Los semáforos son dispositivos electromagnéticos y electrónicos, la finalidad de los semáforos es mejorar el control de tránsito vehicular y peatonal, a través de las luces que proyecta, las cuales son: rojo, amarillo y verde.[25]

1.4.2 Semaforización:

La semaforización implica la distribución de tiempos que se dará a cierto semáforo. El tiempo de semáforo describe el conjunto de parámetros que definen el funcionamiento de una intersección, como la secuencia y la duración de los tiempos para cada acercamiento de intersección, vale resaltar, que el análisis toma en cuenta los diversos movimientos por intersección.

El proceso de definir tiempos empieza con determinar las fases en la intersección, el ciclo del semáforo y el verde (o tiempo de servicio) para cada fase, dependiendo de la magnitud de flujo vehicular que recibe cada fase, en esta etapa también se asigna los tiempos que van entre cambio de intervalo, el ámbar y todo rojo.

Por último, los resultados deben cumplir con ciertas limitaciones que aseguran el eficiente funcionamiento del semáforo tanto para vehículos, como para peatones que circulan en la intersección.[26]

Ciclo semafórico

La longitud de ciclo es la secuencia de indicaciones de señal completa, es decir, es la duración de tiempo total donde se distribuirá el verde, ámbar y rojo para la intersección en cada fase. En la Figura 1-7 siguiente se muestra un ejemplo de distribución de señales en un ciclo con dos fases.

[25] TORRES Y ALVARADO 2018: 27
[26] NUÑEZ y VILLANUEVA 2014: 35

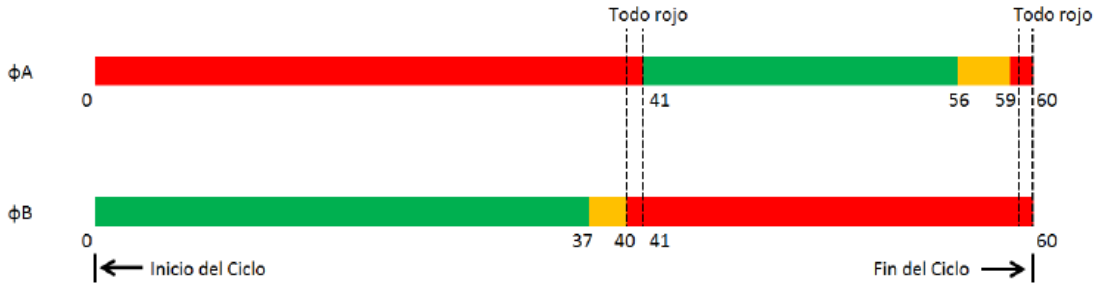


Figura 1-7: Descripción de dos ciclos de semáforo.
Fuente: Nuñez y Villanueva 2014: 37

1.5 TEORIA DE COLAS

Es la medida de eficiencia con la que se determina el nivel de servicio de una intersección semaforizada. La estimación está vinculada con los procesos de llegada de automóviles y los servicios que brinda la intersección. El componente determinístico de los modelos de intersecciones semaforizadas contiene tasas de arribo y servicios uniformes, generado por el ciclo de los semáforos.[27]

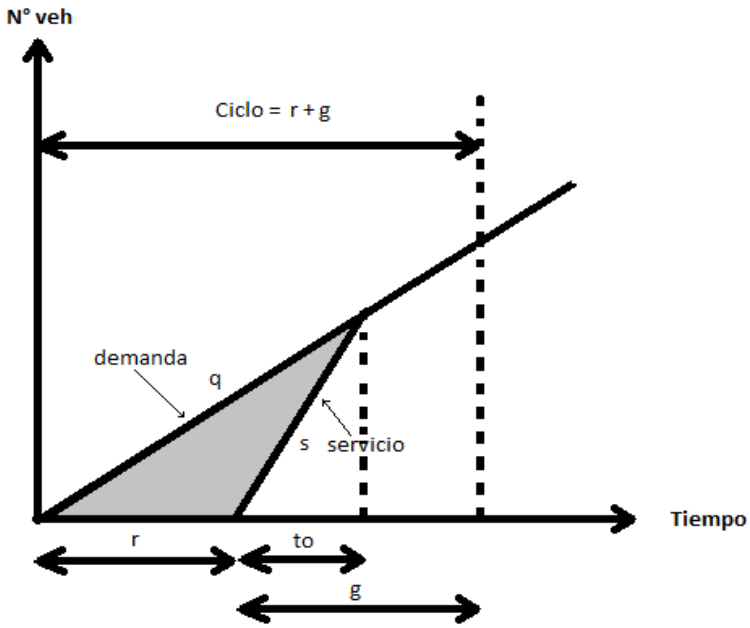


Figura 1-8: Descripción de dos ciclos de semáforo.
Fuente: Torres y Alvarado 2018: 29

Siendo:

r: rojo efectivo

g: verde efectivo

[27] TORRES Y ALVARADO 2018: 28

to: tiempo hasta que disipe la cola

El eje horizontal representa el tiempo entre la llega y salida del vehículo y el área del triángulo representa la demora en un ciclo determinado.

1.6 AFOROS VEHICULARES

Realizar un aforo vehicular tiene como objetivo realizar el conteo manual de vehículos por hora en una intersección específica en un determinado horario o en horas pico.

Los parámetros a tomar en cuenta para un estudio de aforo son:[28]

- Intensidades de circulación
- Velocidades y tiempos de recorrido de los vehículos
- Origen, destino y objeto de los viajes realizados
- Accidentes de circulación

1.6.1 Métodos de aforo:

Para realizar los aforos se dispone de diversos métodos, entre los cuales destacan los siguientes:

- Aforos manuales: Este tipo de aforos necesita de personal calificado para su realización. La metodología que emplea es simple: el aforador se coloca en una sección de carretera y realiza un conteo de todos los vehículos que circulan a través de ella, ya sea por medio de formatos destinados a tal efecto o a través de aparatos electrónicos o pulsadores.
- Aforos automáticos: Se basan en la utilización de mecanismos automáticos que detectan el paso de vehículos, procediendo a su conteo y posterior almacenamiento.
- Aforos móviles: A veces, puede interesar la determinación de aforos en un tramo determinado, para lo que se recurre al conteo de vehículos desde otro automóvil en movimiento e integrado en la corriente de tráfico.

[28] Cfr. Bañón 2000:166

- Aforos fotográficos: Se basan en el control aéreo de la circulación por medio de helicópteros.

1.6.2 Aforos en zonas urbanas:

Las características del tráfico en las vías urbanas y suburbanas son diferentes que en las carretas. Los cuales, en general son más equilibradas, ya que son más uniformes, las intersecciones están más próximas entre si y la saturación es más frecuente. Los objetivos son diferentes, ya que en zonas urbanas lo que tiene mayor interés es la intensidad en la hora punta que los de IMD y los aforos son orientados al estudio de una solución determinada. La uniformidad permite reducir los planes de aforo de 24 a 48 horas, además los aforos se pueden reducir a días laborales puesto que, los días domingos y días festivos es inferior a lo normal.[29]

1.7 VOLUMEN HORARIO DE MÁXIMA DEMANDA (n_{60})

Es el volumen más importante que se obtiene de los registros en un día específico, "Es el máximo número de vehículos que pasan por un punto o sección de un carril o de una calzada durante 60 min consecutivos. Es el representativo de los periodos de máxima demanda que se puede presentar durante un día en particular."[30]

1.8 FACTOR DE HORA PICO (PHF)

Durante el análisis de las variaciones del volumen de tráfico en las horas de máxima demanda se necesita el factor de hora pico o factor de máxima demanda pues mide la solidez de demanda.

$$\mathrm{PHF} = \frac{n_{60}}{4 x n_{15\ \max.}} \qquad \text{(Ec. 1-5)}$$

En donde:

n_{60} = Volumen horario de máxima demanda

n_{15} = Volumen máximo durante 15 minutos de flujo (veh./15 min)

[29] VALDES 2008: 230

[30] Cal y Mayor, 2007: 172

El Caudal de diseño de la zona en evaluación es el volumen de hora pico dividido por el factor de hora pico.

1.9 FLUJO DE SATURACIÓN

De acuerdo a lo mencionado por la Higway Capacity Manual (HCM), el flujo de saturación representa la tasa máxima de flujo para un tráfico por carril.

Se tiene dos clases de flujo de saturación:

- Flujo de Saturación Básico (Sb)
- Flujo de Saturación Real (S)

Flujo de Saturación Básico (Sb):

Es la cantidad de vehículos que pueden ser descargados desde una cola durante el tiempo que dura el verde de ese acceso, compuesta solo por automóviles y que siguen directo en la intersección. Su unidad de medida [1900 veh livianos/h verde – carril]

Flujo de Saturación Real (S):

Es determinada como la máxima cantidad de vehículos que pueden ser descargados desde una cola, compuesta por cualquier tipo de vehículo y que realiza cualquier tipo de movimiento en la intersección. Unidad de medida [veh/h] ó [veh/h – carril].

El flujo de saturación real se determina mediante la siguiente ecuación matemática, considerando que viene afecta por diversos factores que ajusten el flujo de saturación a las condiciones específicas presentes en la intersección de estudio. Además, se aplica por cada acceso que pueda tener la intersección.

$$S = (S_0)x(f_w)x(f_{hv})x(f_g)x(f_p)x(f_{bb})x(f_a)x(f_{LU})x(f_{LT})x(f_{RT})x(f_{Lpb})x(f_{Rpb})$$

(Ec. 1-6)[31]

En donde:

S = Flujo de saturación real del grupo de carriles (Veh/hora de verde).

S_0 = Flujo de saturación básico por carril

f_w = Factor de ajuste por ancho de carriles.

[31] Highway Capacity Manual 2010

f_{HV} = Factor de ajuste por vehículos pesados.

f_g = Factor de ajuste por pendiente de acceso.

f_p = Factor de ajuste por estacionamiento adyacente al grupo de carriles.

f_{bb} = Factor de ajuste por bloqueo de buses que paran en el área de la intersección.

f_a = Factor de ajuste por el tipo de área.

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

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

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

f_{Lpb} = Factor de ajuste de peatones que giran a la izquierda.

f_{Rpb} = Factor de ajuste para los ciclistas que doblan a la derecha.

Para entender cada uno de estos factores se procederá a definir cada uno de ellos.

a) Flujo de saturación básico por carril ($\boldsymbol{S_0}$):

También conocido como flujo de saturación ideal, el HCM recomienda el valor de 1900 vehículos livianos por hora por carril (Veh. / Hora/carril)[32].

b) Factor de ajuste por ancho de carriles ($\mathbf{f_w}$):

Es el factor que considera el impacto negativo de carriles angostos. Los valores asumen diversos valores de acuerdo a la siguiente Tabla 1-1.

Ancho de carril (m)	Valor de factor de ajuste fw
<4.0	0.96
≥ 3.0 – 3.92	1.00
> 3.92	1.04

Tabla 1-1: Valores de factor de ajuste por ancho de carriles.
Fuente: Highway Capacity Manual 2010

[32] Highway Capacity Manual 2010

Nota: Los factores se aplican para un ancho promedio mínimo de 8.00ft[33]

c) Factor de ajuste por vehículos pesados (**f_{HV}**):

Este factor se añade al espacio adicional ocupado por vehículos pesados y sus diferencias en sus capacidades

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + P_{HV}(E_T - 1)} \qquad \text{(Ec. 1-7)}$$

Dónde:

PHV: porcentaje de vehículos pesados en el correspondiente grupo de movimiento.

ET: equivale al número de autos para cada vehículo pesado.

d) Factor de ajuste por pendiente de acceso. (f_g)

El factor de ajuste por pendiente explica los efectos de la pendiente de aproximación en el rendimiento del vehículo.

$$f_g = 1 - \frac{P_g}{200} \qquad \text{(Ec. 1-8)}$$

Dónde:

Pg: es la pendiente de aproximación para el correspondiente grupo de movimiento. (%)

Este factor aplica para pendientes que va desde 6.0% to +10.0%. Una cuesta arriba tiene un valor positivo y una cuesta abajo tiene un valor negativo.

e) Factor de ajuste por estacionamiento adyacente al grupo de carriles f_p.

El factor de ajuste de estacionamiento f_p tiene en cuenta el efecto friccionante de un carril de estacionamiento sobre el flujo del grupo de carriles adyacente al carril de estacionamiento. Esto también representa el bloqueo ocasional de un carril adyacente por los vehículos que circulan

[33] Highway Capacity Manual 2010

dentro y fuera de la zona de estacionamiento. Si el estacionamiento no está presente, entonces este factor tiene un valor de 1,00. Si el estacionamiento está presente, entonces el valor de este factor se calcula con la ecuación:

$$f_p = \frac{N - 0.1 - \frac{18\,N_m}{3600}}{N} \geq 0.050 \qquad \text{(Ec. 1-9)}$$

Dónde:

Nm: tasa de maniobra de estacionamiento adyacente al grupo de carriles (maniobras/h)

N: número de carriles en un grupo de carriles.

f) Factor de ajuste por bloqueo de buses que paran en el área de la intersección. f_{bb}

El factor de ajuste de bloqueo de autobuses f_{bb} tiene en cuenta el impacto de autobuses en tránsito local porque paran para descargar o recoger pasajeros, la parada de buses debe estar dentro de los 76.2 m de la línea de parada (anterior o posterior). Los valores de este factor se calculan con la ecuación:

$$f_{bb} = \frac{N - \frac{14.4\,N_b}{3600}}{N} \geq 0.050 \qquad \text{(Ec. 1-10)}^{34}$$

Dónde:

N: Es el número de carriles en un grupo de carriles

Nb: Es la tasa de parada de buses en el sujeto enfocado (buses/h).

g) Factor de ajuste por el tipo de área. f_a

El factor de tipo de área se utiliza para indicar si la intersección está en un distrito central de negocios (CBD).

[34] Highway Capacity Manual 2010

El factor de tipo de área f_a tiene en cuenta la ineficiencia de las intersecciones en CBDs (zonas comerciales) en comparación con aquellas intersecciones situadas en otras ubicaciones. Cuando es sistema estudiado se encuentra en un CBDs se considera un valor de 0,90.

h) Factor de ajuste por utilización de carriles. f_{LU}

Factor de ajuste por la utilización del carril cuenta para la desigualdad en la distribución del tráfico entre los carriles de circulación en aquellos grupos con más de un carril exclusivo. Este factor proporciona un ajuste a la tasa de flujo de saturación base para la cuenta de uso desigual de los carriles. Esto no se utiliza a menos que un grupo de movimiento tenga más de un carril exclusivo. Se calcula con la ecuación:

$$f_{LU} = \frac{v_g}{N_e\, v_{g1}} \qquad \text{(Ec. 1-11)}^{35}$$

$f_{LU} = 1$ (Análisis de un solo carril)

Dónde:

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

V_g: Tasa de flujo de demanda para el grupo de movimiento (veh/h),

N_e: Tasa de flujo de demanda en el único carril exclusivo con la mayor tasa de flujo de todos los carriles exclusivos en el grupo de movimiento (veh/h/carril)

V_{g1}: Número de carriles exclusivos en grupo de movimiento (LN).

i) Factor de ajuste por vueltas a la izquierda. f_{LT}

El factor de ajuste de giro a la izquierda f_{LT} está destinado principalmente para reflejar el efecto de la geometría de la ruta de giro a la izquierda en la

[35] Highway Capacity Manual 2010

tasa de flujo de la saturación. El valor de este factor de ajuste es calculado con la siguiente ecuación:

$$f_{LT} = \frac{1}{E_L} \qquad \text{(Ec. 1-12)}$$

Dónde:

E_L : Es el equivalente al número de carros para un giro a la izquierda protegido de vehículo (= 1,05).

A continuacion tenemos la Tabla 1-2 para la selección del valor de E_L.

TIPO DE CARRIL	E_L Vehículos Equivalentes para giros 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 exclusivos 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 exclusivos o compartidos	1.33	0.75

Giros a la Izquierda en carriles compartidos con presencia de flujo opuesto							
Flujo Opuesto (Vehículos/hora)	1	200	400	600	800	1000	1200
E_L	1.4	1.7	2.1	2.5	3.1	3.7	4.5
Giros a la Izquierda en carriles exclusivos con presencia de flujo opuesto							
Flujo Opuesto (Vehículos/hora)	1	200	400	600	800	1000	1200
E_L	1.3	1.6	1.9	2.3	2.8	3.3	4

Tabla 1-2: Valores de E_L para cálculo de Factor de ajuste por vueltas a la izquierda
Fuente: HCM 2010

j) Factor de ajuste por vueltas a la derecha. f_{RT}

El factor de ajuste de giro derecha f_{RT} está destinado principalmente para reflejar el efecto de la geometría de la ruta de giro a la derecha en la tasa de

flujo de la saturación. El valor de este factor de ajuste es calculado con la ecuación:

$$f_{RT} = \frac{1}{E_R} \qquad \text{(Ec. 1-13)}$$

E_R = Número equivalente de vehículos que giran a la derecha por un carril exclusivo

Para vías con carril exclusivo o compartido: f_{RT} = 1.18 teniendo como factor el valor de 0.85. Si tenemos presencia de carriles dobles el factor a usar es de 0.75.

A continuacion tenemos la Tabla 1-3 para la selección del valor de E_L.

TIPO DE CARRIL	E_R Vehículos Equivalentes para giros 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

Tabla 1-3: Valores de E_R para cálculo de Factor de ajuste por vueltas a la derecha
Fuente: HCM 2010

k) Factor de ajuste por peatones y bicicletas para grupos con giro a la izquierda. f_{Lpb}

El procedimiento para determinar el factor de ajuste de la bicicleta de peatones a la izquierda f_{Lpb} se basa en el concepto de ocupación de la zona de conflicto, que explica el problema entre vehículos en movimiento, peatones y bicicletas. La ocupación relevante de la zona de conflicto toma en cuenta si el flujo del vehículo opuesto también está en conflicto con el giro a la izquierda. La proporción de tiempo verde que se ocupa en la zona de conflicto se determina en función de la ocupación relevante y el número de carriles de recepción para los vehículos que giran.

Situación de la Intersección - Giro a la Izquierda	f_{Lpb}
Si no hay peatones en conflicto	1.00
Calle en dos sentidos que usa giro protegido a la izquierda o división de fases en el semáforo.	1.00
Calle en dos sentidos que usa giro permitido o giro protegido-permitido	A_{pbT}
Calle de un solo sentido	A_{pbT}

Tabla 1-4: Valores de f_{Lpb}
Fuente: HCM 2010

l) Factor de ajuste por peatones y ciclistas para grupos con giro a la derecha. f_{Rpb}

El procedimiento para determinar el factor de ajuste de la bicicleta de peatones a la derecha f_{Rpb}se basa en el concepto de ocupación de la zona de conflicto, que explica el problema entre vehículos en movimiento, peatones y bicicletas. La ocupación relevante de la zona de conflicto toma en cuenta si el flujo del vehículo opuesto también está en conflicto con el giro a la izquierda. La proporción de tiempo verde que se ocupa en la zona de conflicto se determina en función de la ocupación relevante y el número de carriles de recepción para los vehículos que giran.

TIPO DE CARRIL	f_{Rpb}
Si no hay peatones o ciclistas en conflicto	1.00
Si se usa giro protegido a la derecha.	1.00
Si se usa giro permitido o giro protegido-permitido	A_{pbT}

Tabla 1-5: Valores de f_{Rpb}
Fuente: HCM 2010

1.10 NIVELES DE SERVICIO

Los niveles de servicios pueden ser caracterizados para cada una de las intersecciones con semáforos la cual cuantifica el tiempo de demoras; también muestra la incomodidad del conductor y el consumo de combustible.

Según el HCM:

Los niveles de servicio para intersecciones semaforizadas están clasificados en 6 niveles[36] los cuales detallamos a continuación:

I. **Nivel de servicio A**: Muestra la operación del flujo vehicular con una demora no mayor a 10 segundos por vehículo. Se evidencia circulación libre, usualmente la relación de volumen a la capacidad es baja, la progresión es excepcionalmente favorable o la duración del ciclo es corta.

II. **Nivel de servicio B**: Muestra la operación del flujo vehicular con una demora entre 10 y 20 segundos por vehículo y una relación de volumen a la capacidad no mayor de 1.0. Se tiene una mayor cantidad de vehículos que se detienen que el nivel de servicio A.

III. **Nivel de servicio C**: Muestra la operación del flujo vehicular con una demora entre 20 y 35 segundos por vehículo y una relación de volumen a la capacidad no superior a 1.0, la progresión es favorable o la duración del ciclo es moderado. Se evidencia fracasos, es decir, uno o más vehículos en cola no son capaces de salir como resultado de un ciclo de semáforo ineficiente. Sin embargo, aún se evidencia vehículos que pasan a través de la intersección sin parar.

IV. **Nivel de servicio D**: Muestra la operación del flujo vehicular con una demora entre 35 y 55 segundos por vehículo y una relación de volumen a la capacidad no superior a 1.0. La progresión es ineficaz o la duración del ciclo es largo. Se evidencia que muchos vehículos se detienen.

V. **Nivel de servicio E**: Muestra la operación del flujo vehicular con una demora entre 55 y 80 segundos por vehículo y una relación de volumen a la capacidad no mayor a 1.0. La progresión es desfavorable y la duración del ciclo es largo.

[36] HIGHWAY CAPACITY MANUAL 2010: 18-6

VI. **Nivel de servicio F**: Muestra la operación del flujo vehicular con una demora mayor de 80 segundos por vehículo y una relación de volumen a la capacidad mayor a 1.0, muy alto. La progresión es pobre y se evidencia siempre la presencia de cola.

El HCM delimita los niveles de servicio para intersecciones semaforizada en rangos de caracterización los cuales se muestran en Tabla 1-6.[37]

Nivel de Servicio	Demora por Control (Segundos/Vehículos)
A	≤ 10
B	> 10 – 20
C	> 20 – 35
D	> 35 – 55
E	> 55 – 80
F	> 80

Tabla 1-6: Niveles de Servicio HCM 2010.
Fuente: Highway Capacity Manual 2010

Según software Synchro 8:

Este software tiene otro tipo de clasificación de los niveles de servicio en función de la utilización de la capacidad de la intersección ICU (intersection capacity utilization). Se clasifica la capacidad de la intersección en 8 niveles desde la letra A que es la más óptima, hasta la letra H que es la menos eficiente. Los niveles de servicio ICU proporciona información sobre cómo funciona una intersección y cuánta capacidad adicional está disponible para manejar las fluctuaciones y los incidentes de tráfico.

A continuación, se presenta la descripción de las condiciones esperadas para cada nivel de servicio ICU.

I. **Nivel de servicio A:** Es el nivel más óptimo. La intersección no tiene congestión. Un ciclo de 80 segundos o menos, moverá el tráfico de manera eficiente y todo el tráfico debe fluir en el primer ciclo. En este nivel la

[37] HIGHWAY CAPACITY MANUAL 2010: 18-6

intersección se puede acomodar hasta un 40% más de tráfico en todos los movimientos.

II. **Nivel de servicio B**: La intersección tiene muy poca congestión. Un ciclo de 90 segundos o menos, moverá el tráfico de manera eficientes y casi todo el tráfico será atendido en el primer ciclo. En este nivel la intersección se puede acomodar hasta un 30% más de tráfico en todos los movimientos.

III. **Nivel de servicio C**: La intersección no tiene congestión importante. Un ciclo de 100 segundos o menos, moverá el tráfico de manera eficiente y la mayoría del tráfico será atendido en el primer ciclo. En este nivel la intersección se puede acomodar hasta un 20% más de tráfico en todos los movimientos.

IV. **Nivel de servicio D**: La intersección está justo al borde de condiciones de congestión. Un ciclo de 110 segundos o menos, moverá el tráfico de manera eficiente y muchos vehículos del tráfico no se son atendidos en el primer ciclo. En este nivel la intersección se puede acomodar hasta un 10% más de tráfico en todos los movimientos.

V. **Nivel de servicio E**: La intersección normalmente no tiene congestión importante. Se requiere un ciclo de 120 segundos para mover todo el tráfico de manera eficiente y la mayoría del tráfico debe ser atendido en el primer ciclo. Los tiempos de señal subóptimos pueden causar congestión significativa. Esta intersección tiene menos del 10% de capacidad de reserva disponible.

VI. **Nivel de servicio F**: La intersección está por encima de su capacidad y es probable que experimente periodos de congestión de 15 a 60 minutos por día, las colas residuales al final del verde son comunes. Se requiere una duración de ciclo de más de 120 segundos para mover todo el tráfico. Los tiempos de señal subóptimos pueden causar una mayor congestión. Esta intersección no tiene capacidad de reserva disponible.

VII. **Nivel de servicio G**: La intersección tiene un exceso de capacidad de 10% a 20% y es probable que experimente periodos de congestión de 60 a 120 minutos por día, las colas largas son comunes. Se requiere una duración de ciclo de más de 120 segundos para mover todo el tráfico. Los tiempos de señal subóptimos pueden causar una mayor congestión. Los conductores pueden elegir rutas alternas si existen.

VIII. **Nivel de servicio H**: Este es el nivel más deficiente de esta clasificación. La intersección tiene un exceso de capacidad de 20% y es probable que experimente periodos de congestión de más de 120 minutos por día, las colas largas son comunes. Se requiere una duración de ciclo de más de 120 segundos para mover todo el tráfico. Los conductores pueden elegir rutas alternas si existen o hacer menos viajes durante la hora pico

Se muestra la Tabla 1-7 de los niveles de servicio del software Synchro 8.[38]

Nivel de servicio	ICU
A	0 – 55%
B	> 55% – 64%
C	> 64% – 73%
D	> 73% – 82%
E	> 82% – 91%
F	> 91% - 100%
G	> 100% - 109%
H	> 109%

Tabla 1-7: Nivel de ICU – Manual Synchro 8.0.
Fuente: Traffic signal software-user guide

1.11 OLA VERDE

Una ola verde es un fenómeno inducido intencionalmente, en el cual una serie de semáforos se coordinan para permitir el flujo continuo del tráfico sobre varias intersecciones en una misma dirección.[39]

[38] TRAFFICWARE 2011: 4-12
[39] MEZA 2017: 56

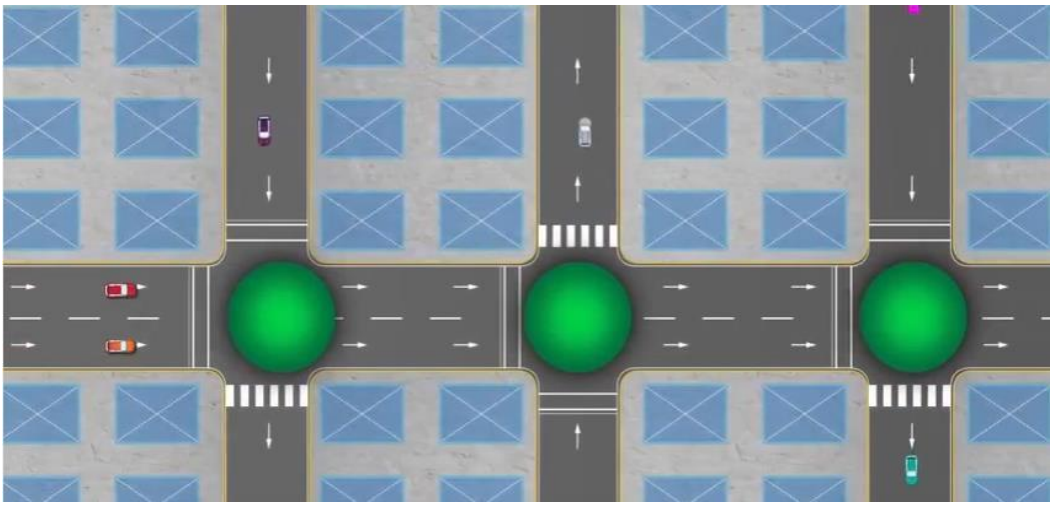


Figura 1-9: Sistema de Control de tránsito.
Fuente: Montoya 2005

Cualquier vehículo que se mueva a lo largo de la ola verde, aproximadamente a una velocidad establecida por los controladores de tráfico, verá una cascada progresiva de luces verdes, y no tendrá que detenerse en las intersecciones. Esto permite mayores volúmenes de tráfico y reduce el ruido y consumo de energía, debido a que se requiere menor uso de los frenos y del acelerador. Bajo ciertas circunstancias, las olas verdes pueden intercalarse con las de tráficos en otras direcciones, pero esto aumenta la complejidad y reduce la usabilidad, por lo tanto, sólo las vías que llevan los volúmenes más importantes de tráfico se les da este trato preferencial.[40]

Se tienen cuatro sistemas de coordinación de semáforos de tiempo fijo:

a) Sistema simultáneo:

   Es uno de los primeros tipos de sistemas de semáforos importantes en la práctica moderna, ya que, en todas las intersecciones, la sincronización esencialmente es la misma y las indicaciones cambian simultáneamente o casi al mismo tiempo, de manera que todos los semáforos indiquen luz verde en la dirección de la calle principal y luz roja en todas las caras que den a las calles secundarias, cambiando alternadamente.[41]

   Para aplicar este sistema, se considera hasta cinco intersecciones próximas entre sí, dejando un tiempo de luz verde suficiente en la calle principal para

[40] MONTOYA 2005: 36
[41] MEZA 2017: 57

permitir que pase una proporción mayor de la circulación y despeje de las intersecciones. En condiciones de tránsito muy intenso puede dar mejores resultados que un sistema progresivo.[42]

Las duraciones de los ciclos y sus subdivisiones están controladas por las necesidades de una o dos de las intersecciones más importantes, esto puede dar lugar a serias fallas en los demás. La relación entre la velocidad, ciclo y distancia, se expresa así:[43]

$$v = \frac{3.6D}{C} \qquad \text{(Ec. 1-14)}$$

Dónde:

v = Velocidad de progresión entre intersecciones (km/h).

D =Distancia entre intersecciones (m).

C =Duración del ciclo (s).

b) Sistema alternado:

En este sistema los semáforos adyacentes o grupos de semáforos adyacentes muestran indicaciones alternas a lo largo de una ruta determinada. En el sistema alterno sencillo, los semáforos adyacentes muestran indicaciones contrarias u opuestas. Los sistemas alternos dobles y triples consisten en un grupo de dos o tres semáforos que, respectivamente, muestran indicaciones contrarias.[44]

El sistema alterno, usualmente, es un mejoramiento del sistema simultáneo en el sentido de que a través de una serie de intersecciones controladas de esta manera puede haber, bajo condiciones favorables, una mejora de circulación de los grupos de vehículos, y si las longitudes de las calles son más uniformes, tendrá más fluidez. En estas condiciones se consigue una banda del 100% siempre y cuando la velocidad de los vehículos sea:[45]

[42] MEZA 2017: 57
[43] MEZA 2017: 58
[44] MEZA 2017: 58
[45] MEZA 2017: 58

$$v = \frac{7.2D}{C} \qquad \text{(Ec. 1-15)}$$

Dónde:

v = Velocidad de progresión entre intersecciones (km/h).

D =Distancia entre intersecciones (m).

C =Duración del ciclo (s).

c) Sistema progresivo simple o limitado:

Este sistema trata de varios semáforos sucesivos, a lo largo de una calle, que dan la indicación de verde de acuerdo con una variación de tiempo que permite, hasta donde es posible, la operación continua de grupos de vehículos a velocidad fija en "olas verdes". Cada intersección puede tener una división diferente de ciclo, pero dicha división permanece fija.[46]

Este sistema puede estar supervisado por un control maestro, para mantener las relaciones debidas de tiempo entre las indicaciones de los semáforos. Es necesario realizar revisiones periódicas de los controles, por variaciones debido a cambios de voltaje y temperatura.[47]

Los desfasamientos, o diferencia de tiempo en que se inician los ciclos entre dos semáforos, pueden tener cualquier valor. No se limitan a la duración de un ciclo o medio ciclo, como en los sistemas anteriormente citados. Los cálculos se hacen por tanteos, y no hay fórmula que relacione el ciclo con la velocidad de crucero y el tiempo de la faja disponible.[48]

d) Sistema progresivo flexible:

En este sistema es posible que cada intersección con semáforo varíe automáticamente en varios aspectos. Mediante el uso de controles de intersecciones con carátulas múltiples, se pueden establecer varios programas para subdividir el ciclo. Además, es posible cambiar los desfasamientos con la

[46] MEZA 2017: 59
[47] MEZA 2017: 59
[48] MEZA 2017: 59

frecuencia deseada. Se pueden establecer programas de tiempo predeterminado en los controles múltiples, para dar preferencia a las circulaciones en las horas de máxima demanda.[49]

No obstante que todo el sistema usa un ciclo común, la duración y subdivisión de éste pueden variar en función de los cambios de volumen de vehículos. Con base en la variación de los volúmenes de tránsito y la selección de la velocidad adecuada, se puede lograr un movimiento continuo a lo largo de una arteria, especialmente, si es de un sentido.[50]

La supervisión de los controles individuales de las intersecciones, se logra desde un control maestro a través de circuitos interconectados por medio de señales de radio, o bien, por intermedio de líneas telefónicas.

Para obtener la máxima flexibilidad de este sistema, los recuentos de tránsito se deben efectuar frecuentemente. Este sistema es el que da mejores resultados para intersecciones ubicadas a distancias variables.[51]

Finalmente, el coordinar semáforos predeterminados, consiste en programar el encendido de las luces de los semáforos, de tal forma, que los vehículos puedan atravesar la vía, de extremo a extremo, a una velocidad constante y sin detenerse.

Esto puede conseguirse si es que cada intersección tiene la misma duración del ciclo, mas no necesariamente la misma distribución de verde, ámbar y rojo, es por eso que muchas veces se tienen algunos desfasamientos.[52]

El desfase es la diferencia temporal entre el momento de referencia, “momento cero”, elegido arbitrariamente como origen y el encendido de una determinada luz verde de un cruce. Para que el desfase se mantenga constante a lo largo del tiempo, es necesario que en todas las intersecciones la duración del ciclo secuencia completa de las indicaciones de un semáforo sea la misma.[53]

[49] MEZA 2017: 59
[50] MEZA 2017: 59
[51] MEZA 2017: 60
[52] Cal y Mayor 2006:296
[53] MEZA 2017: 60

La determinación del desfase entre las intersecciones requiere de un estudio de las condiciones existentes, el cual puede llevarse a cabo mediante técnicas que podemos agrupar en dos tendencias bastante diferenciadas.[54]

Métodos basados en criterios puramente geométricos o de banda pasante "ola verde", los cuales son aptos para coordinaciones con índice de saturación bajo y son muy eficaces en vías de un solo sentido de circulación. Otro aspecto positivo de este sistema es que el usuario aprecia directamente las ventajas de la coordinación.[55]

Y el otro, es un método basado en la optimización de variables de tráfico (demoras, paradas, colas, etc.), para su cálculo se utilizan complejos algoritmos matemáticos. Estos son aplicados en sistemas próximos a la saturación o cuando se trata de varios ejes lineales que se cruzan formando una malla. En este método el usuario no aprecia directamente las ventajas de la coordinación, ya que consiste en optimizar el funcionamiento del conjunto de intersecciones, con el objetivo de obtener la máxima capacidad posible, aun a costa de establecer pequeñas molestias puntuales.[56]

Para la mayoría de los casos es preferible utilizar los métodos geométricos, así, mediante el diagrama tiempo-distancia se puede calcular la "ola verde" y los desfasamientos entre intersecciones, para así obtener un movimiento continuo a lo largo de una arteria[57], por lo tanto, la siguiente Figura 1-10 nos ayudará a comprender mejor.[58]

[54] MEZA 2017: 60
[55] MEZA 2017: 60
[56] MEZA 2017: 61
[57] Díaz M., Díaz J., y otros (2002): 6
[58] MONTOYA 2005: 41

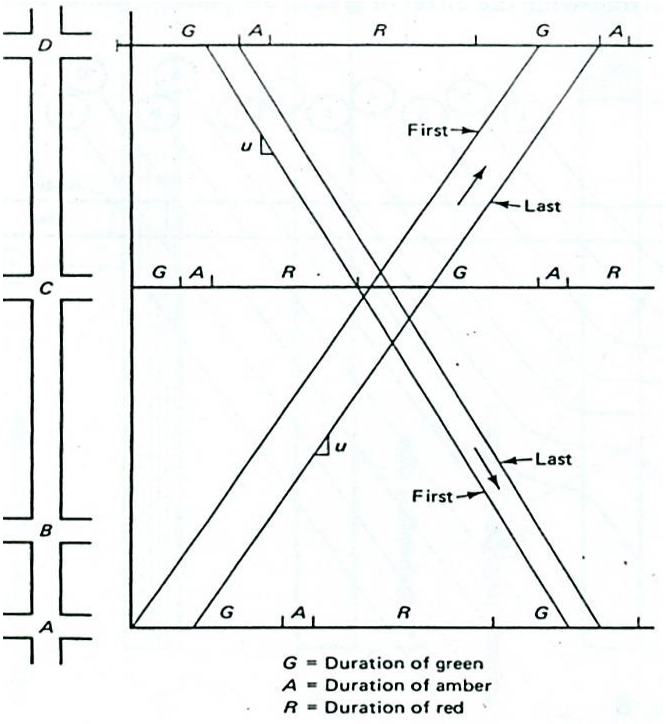


Figura 1-10: Diagrama Tiempo – Distancia.
Fuente: HCM 2000

1.12 PROGRAMA SYNCHRO 8.0:

El programa Synchro 8.0 es un programa desarrollado por la universidad Trafficware (TU) la cual es viene especializando en la industria del tráfico. El programa inclusive realiza un análisis macroscópico determinístico, análisis del tráfico mediante animaciones. Los modelos Sim Traffic permiten caracterizar calles con intersecciones semaforizadas y señalizadas. En principio, la metodología que utiliza el programa es el HCM-2010; sin embargo, también existen diferencias por ejemplo para el cálculo de demora en la que utilizan percentiles.[59]

Este software de simulación de tráfico, cuenta con dos programas de apoyo: uno de los cuales permite la representación de la entrada de datos, condiciones o entorno de la corriente discontinua otorgando un ambiente gráfico que visualiza y simula las características del tránsito. El otro programa, SIMTRAFFIC permite la visualización gráfica de resultados, datos de salida resultantes del modelo así como la propia simulación dinámica.[60]

[59] GONZALES 2016: 27
[60] Synchro Studio, User Guide, 2011, 10

2 CAPÍTULO II: METODOLOGIA Y RECOLECCION DE DATOS

2.1 METODOLOGIA DE TRABAJO

La metodología utilizada para este trabajo es la del HCM 2010. Cal y Mayor adapta esta metodología y la simplifica en 6 pasos los cuales se presentan a continuación.

Paso 1: Observación de la problemática
Paso 2: Formulación de hipótesis de la problemática y su solución
Paso 3: Recolección de datos
Paso 4: Análisis de los datos
Paso 5: Proposición concreta y detallada
Paso 6: Estudio de los resultados obtenidos

Vamos a ver un poco más de cerca estos pasos:

Paso 1, es necesario tomar contacto con el área física del problema, por ello se requiere visitas in situ de tal forma que se defina información precisa, la idea es tener una base sólida para el sustento de la hipótesis.

Paso 2, se deberá tener cuidado en la formulación de la hipótesis, se recomienda tener alternativas cuidadosamente analizadas que respondan con base a una formulación del marco de hipótesis.

Paso 3, En la recopilación de datos se necesita información precisa, las estadísticas son una herramienta muy poderosa, así como los informes oficiales y hechos verdaderamente comprobables.
Conocer la opinión del vecino o del comerciante de la cuadra no resulta tan relevante; se requiere datos estadísticos obtenidos oficialmente, en el lugar de los accidentes manejar de fuentes de información dignas de crédito[61].

Paso 4, en el análisis de datos se necesita una mente entrenada que pueda dar una interpretación real a los mismos. De estos análisis se desprende una parte muy importante de la solución y sólo un especialista en la materia deberá llevarlo a cabo[62].

[61] Cfr. Cal y Mayor 2007

[62] Cfr. Cal y Mayor. 2007

Pasó 5, luego del análisis, el responsable de solucionar el problema deberá presentar un proyecto de solución, abarcando los elementos básicos, esto son:

- El usuario: conductores, peatones, ciclistas y pasajeros.
- El vehículo: privado, público y comercial.
- La vialidad: calles y carreteras.
- Los dispositivos de control: marcas, señales y semáforos.
- El medio ambiente general.

Pasó 6, es conveniente observar, durante un período posterior, el resultado que tuvo la solución. Es posible que muchas soluciones requieran una revisión y perfeccionamiento, por lo que este último paso es de gran importancia.

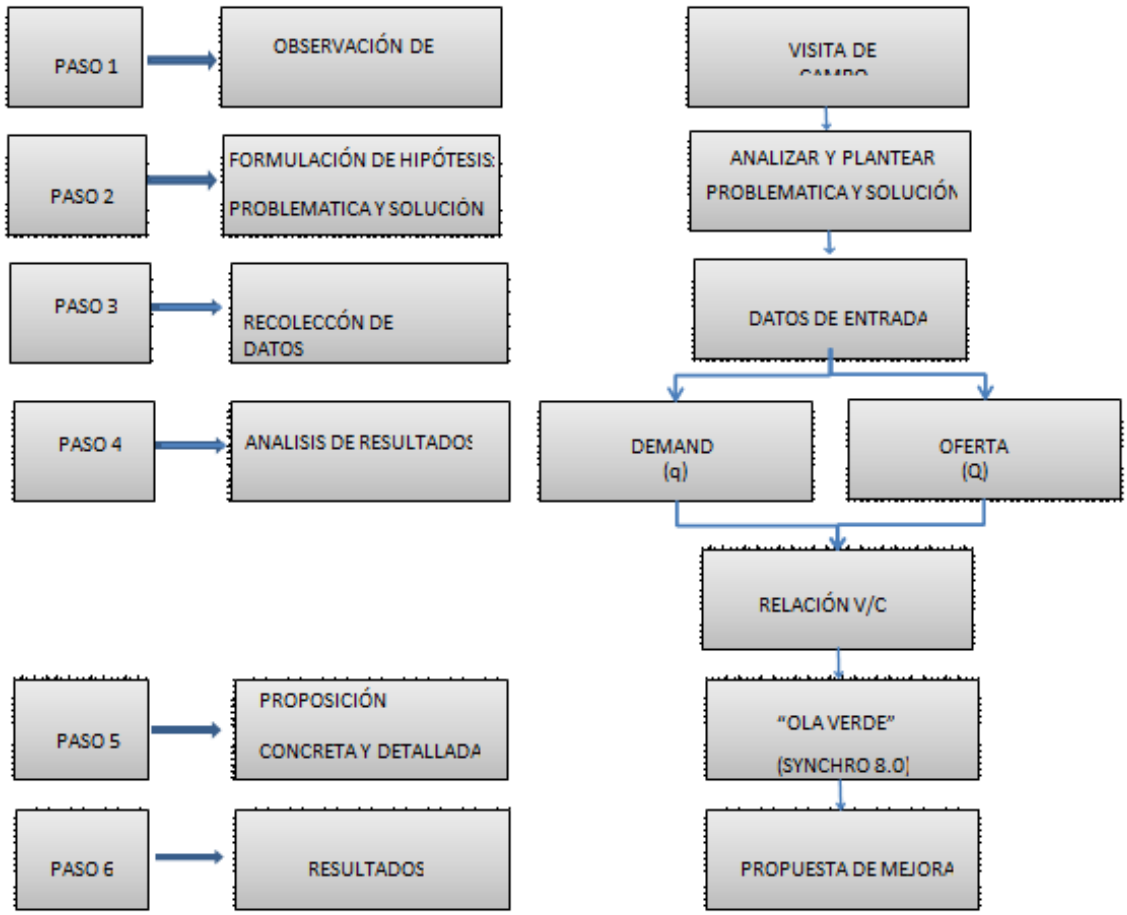


Figura 2-1: Metodología de trabajo
Fuente: Adaptado de Cal y Mayor 2007

2.2 RECOLECCION DE DATOS

En este capítulo, se muestra la recolección de los datos obtenidos en las 4 intersecciones seleccionadas para el estudio.

2.2.1 Ubicación De Las Intersecciones

La recolección de datos se realizó en 4 intersecciones semaforizadas que están desarrolladas a lo largo de Av. Caminos del Inca en el distrito de Santiago de Surco, la distancia desarrollada es 1050 metros. Tal como se muestra en la Figura 2-2.

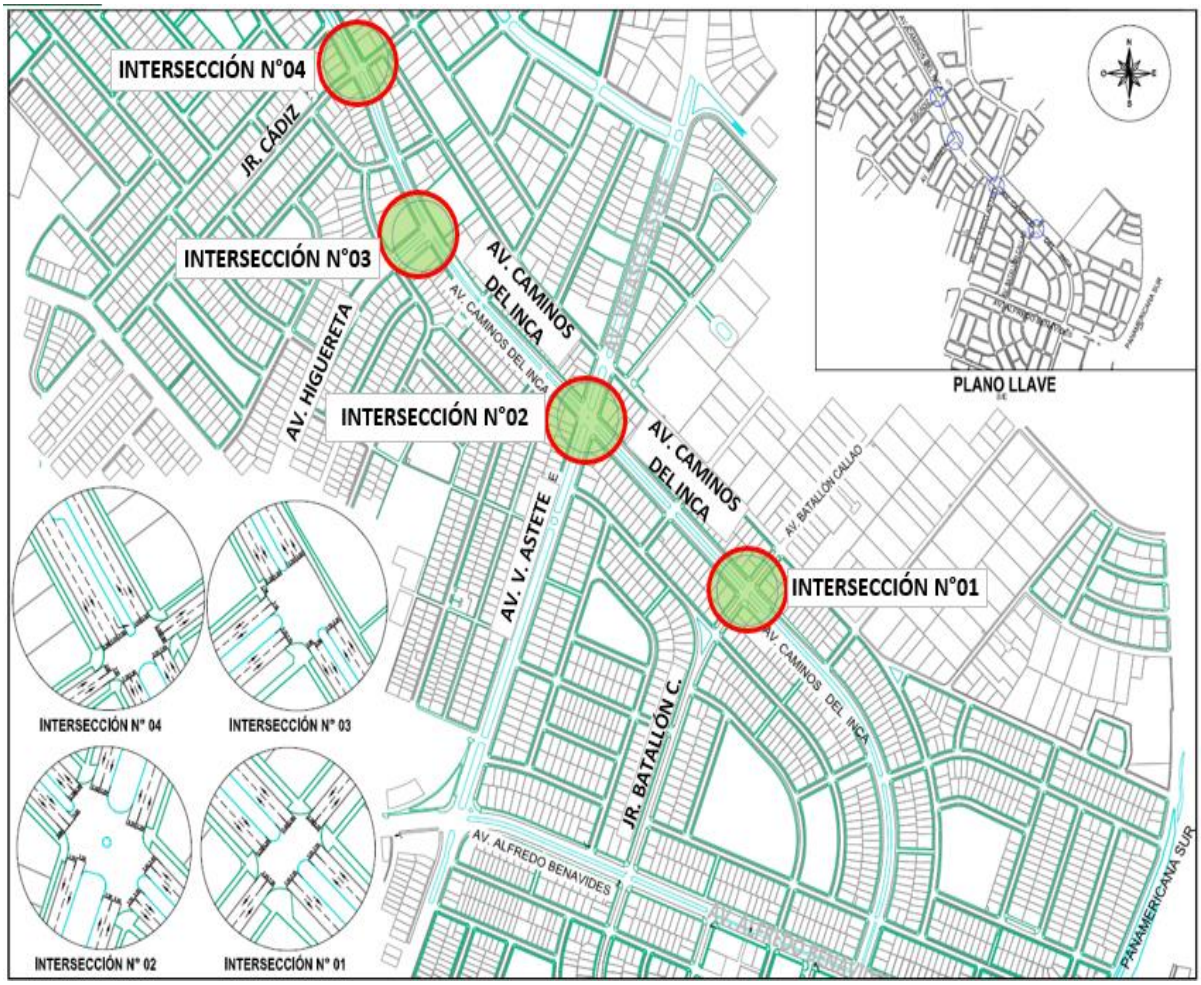


Figura 2-2: Ubicación Av. Caminos del Inca e Intersecciones de Estudio.
Fuente: Elaboración propia 2018

Para facilidad en la identificación denominaremos al cruce de avenidas como, las intersecciones, incluyendo una denominación numérica para diferenciarlas entre sí, esta designación la detallamos a continuación:

- Intersección N° 01: Av. Caminos del Inca y Jr. Batallón Callao
- Intersección N° 02: Av. Caminos del Inca y Av. Velasco Ateste
- Intersección N° 03: Av. Caminos del Inca y Av. Higuereta
- Intersección N° 04: Av. Caminos del Inca y Jr. El Cádiz

La recolección de datos es resultado de 04 horas de aforo vehicular el día 14 de noviembre de 2018, el día seleccionado, es considerado por el HCM 2010 como día típico, idóneo para recolección de datos, se descartó los días Lunes y Viernes y fines de semana los cuales son considerados días Atípicos para aforos vehiculares.

2.2.2 Aforo de Volúmenes Vehículos Mixtos

Para el conteo de vehículos mixtos se realizó según las recomendaciones el HCM 2010, en intervalos de 15 minutos, el conteo se efectuó en las 4 intersecciones estudiadas en simultaneo, en 2 intersecciones se utilizó papel y lápiz y en los otros 2 se realizó a través de una filmación, posteriormente la información del video fue procesada durante el trabajo de gabinete.

2.2.3 Aforo de Volúmenes intersección N° 01

El aforo de esta intersección se detalla en el anexo N° 01, en este se adjunta el detalle de la recopilación del aforo vehicular de la intersección en un formato creado para dicho propósito; en este formato se identifica:

- Los volúmenes totales
- La hora pico que para esta intersección es de 07:30 a 08:30am.

Se puede verificar en la figura 2-3 la representación de la cantidad de vehículos mixtos en periodos de cada 15 minutos. Además, podemos visualizar las barras resaltadas en rojo que nos muestran la hora pico. Además, los volúmenes vehiculares desde el inicio de la hora pico hasta su término tienen una tendencia casi continua.

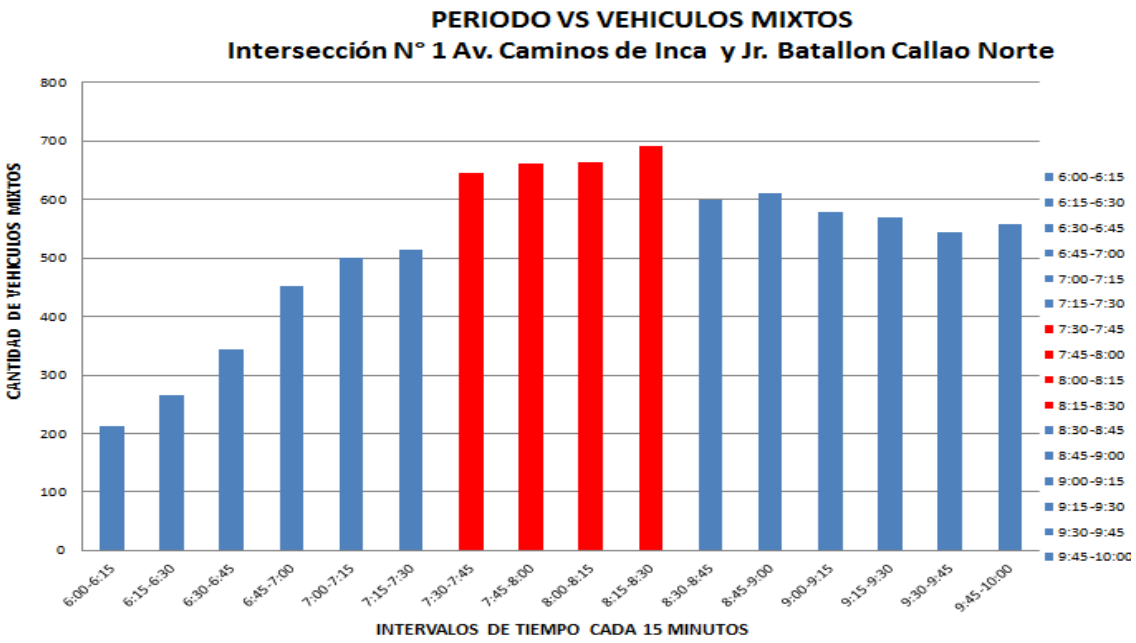


Figura 2-3: Periodo vs Vehículos Mixtos de la Intersección N° 01.
Fuente: Propia 2018

Asimismo, se realizó el registro de los tiempos de verde, rojo y ámbar de cada fase de los semáforos encontrados en la intersección N°01, tal como se puede visualizar en la figura 2-4. Más adelante este ciclo será comparado con las mejoras obtenidas en la implementación de la Ola Verde. Actualmente en esta intersección el ciclo semafórico esta dividió en 2 fases con tiempos de verde según detallamos.

- Av. Caminos del Inca - Verde N-S y S-N: 85 Segundos
- Ca. Batallón Callao N. - Verde E-O y O-E: 88 Segundos

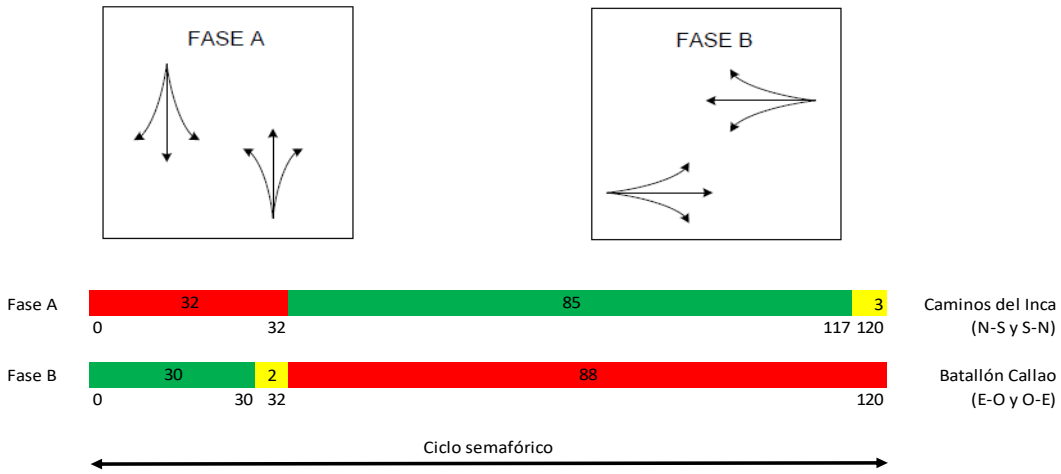


Figura 2-4: Ciclo semafórico de la intersección N° 01.
Fuente: Propia 2018

2.2.4 Aforo de Volúmenes intersección N° 02

Al igual a la intersección anterior el aforo se registra en el anexo N° 02, en este se adjunta el detalle de la recopilación del conteo vehicular de la intersección en un formato creado para dicho propósito; en el formato tenemos:

- Los volúmenes totales
- La hora pico que para esta intersección es de 07:30 a 08:30am.

En la Figura 2-5 se visualiza la representación de la cantidad de vehículos mixtos en periodos de cada 15 minutos. Y se resalta al igual que la intersección anterior la Hora Pico donde se demuestra que esta coincide con la anterior.

El perfil en esta gráfica muestra un comportamiento casi constante en horario de hora punta para luego descender a y luego mantenerse en un volumen vehicular continuo después de la hora pico hasta la finalización del conteo.

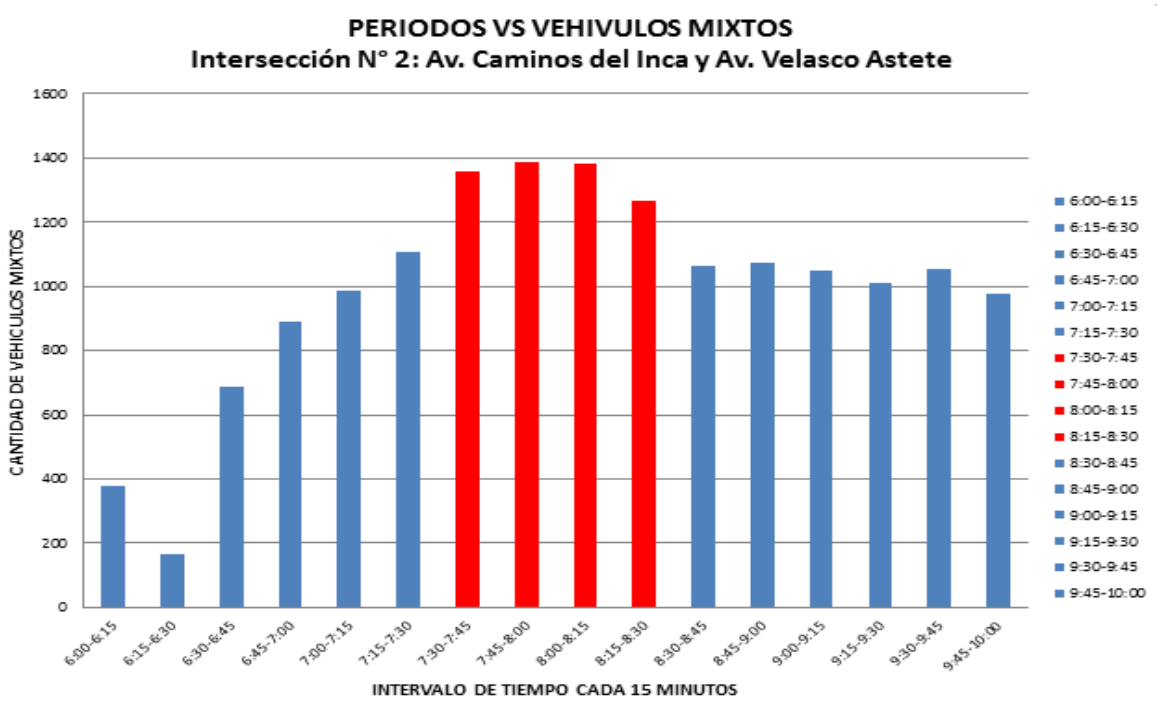


Figura 2-5: Periodo vs Vehículos Mixtos de la Intersección N° 02.
Fuente: Propia 2018

En esta intersección al igual que la anterior realizó el registro de los tiempos de verde, rojo y ámbar de cada fase de los semáforos encontrados en la intersección N°02, este ciclo de puede visualizar en la figura 2.6.

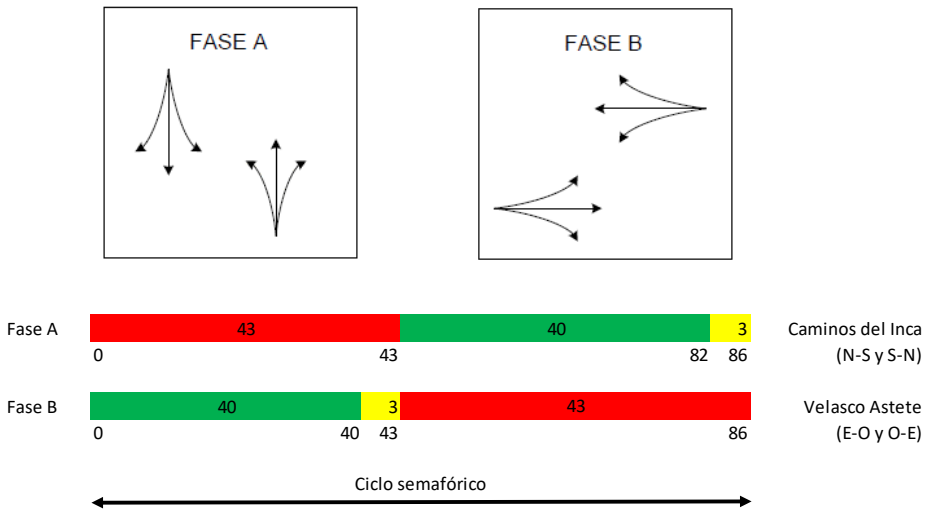


Figura 2-6: Ciclo semafórico de la intersección N° 02.
Fuente: Propia 2018

2.2.5 Aforo de Volúmenes intersección N° 03

Los conteos realizados en esta intersección se detallan en el anexo N° 03, en este se tiene el detalle de la recopilación del aforo vehicular de la intersección; en este documento se identifica:

- Los volúmenes totales
- La hora pico que para esta intersección es de 07:30 a 08:30am.

Como en los casos de las intersecciones anteriores se verificar en la Figura 2-7 la representación de la cantidad de vehículos mixtos en periodos de cada 15 minutos. Además, podemos corroborar que la hora pico se mantiene en el lapso de las 7.30 am y 8.30 am, también podemos notar que el flujo vehicular al inicio de la hora punta hasta el término del conteo tiene una tendencia casi continua. Demostrando la importancia de esta intersección para el tránsito vehicular.

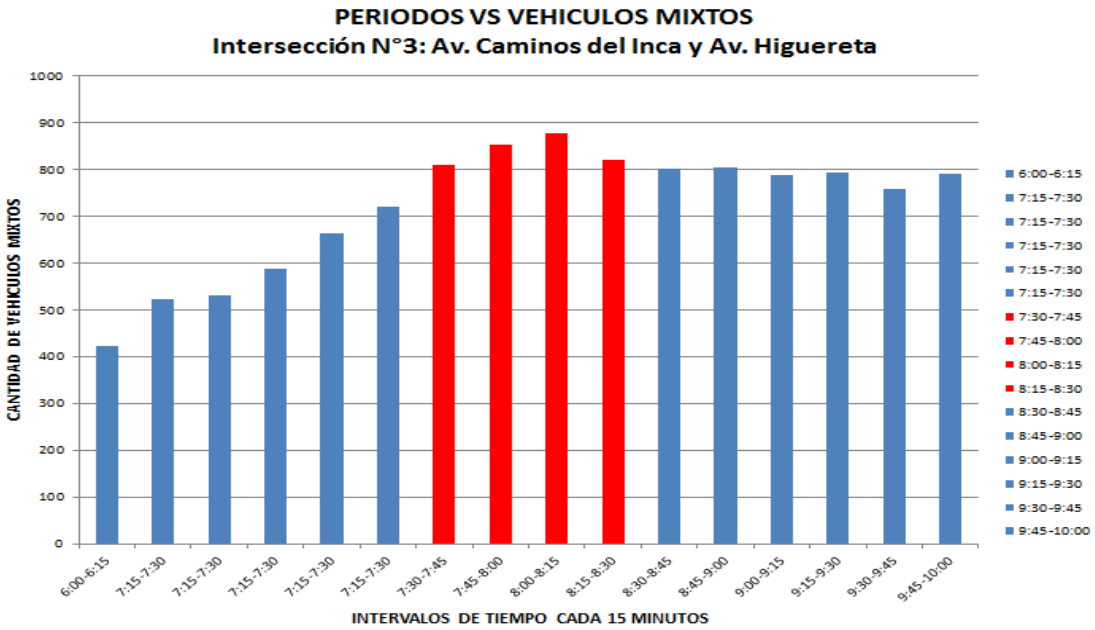


Figura 2-7: Periodo vs Vehículos Mixtos de la Intersección N° 03.
Fuente: Propia 2018

También para este caso se realizó el registro de los tiempos de verde, rojo y ámbar de cada fase de los semáforos encontrados en la intersección N°03, a diferencia de las intersecciones anteriores aquí notamos que se tiene 3 fases tal como se puede visualizar en la figura 2-8 esto debido a que se tiene una intersección en T y los vehículos que utilizan el carril que va de sur a norte requieren hacer un giro hacia la izquierda para tomar la Av. Higuereta.

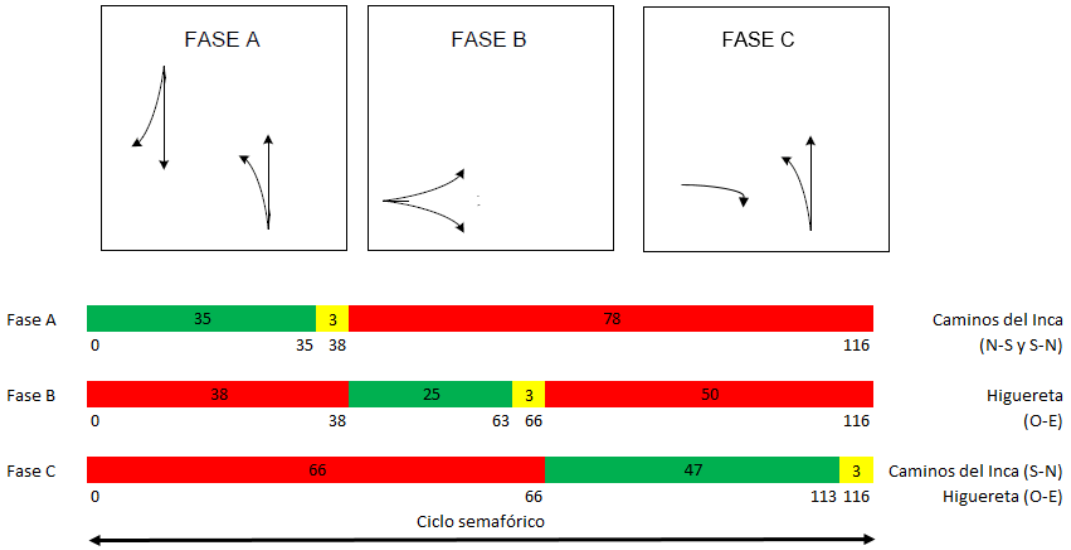


Figura 2-8: Ciclo semafórico de la intersección N° 03.
Fuente: Propia 2018

2.2.6 Aforo de Volúmenes intersección N° 04

La recolección de la data de volúmenes en esta intersección se especifica en el anexo N° 04, en este se anexa el detalle del aforo vehicular de la intersección en un documento elaborado para procesar la información; en este documento se identifica:

- Los volúmenes totales
- La hora pico que para esta intersección es de 07:30 a 08:30am.

Como en todos los casos anteriores se puede identificar en la Figura 2-9 el perfil de la cantidad de vehículos mixtos en periodos de cada 15 minutos, que para nuestro caso de estudio se mantiene entre las 7.30 am y las 8.30 am, con lo que podemos concluir que la hora punta a lo largo de toda la vía de estudio se mantiene al igual que en las otras intersecciones.

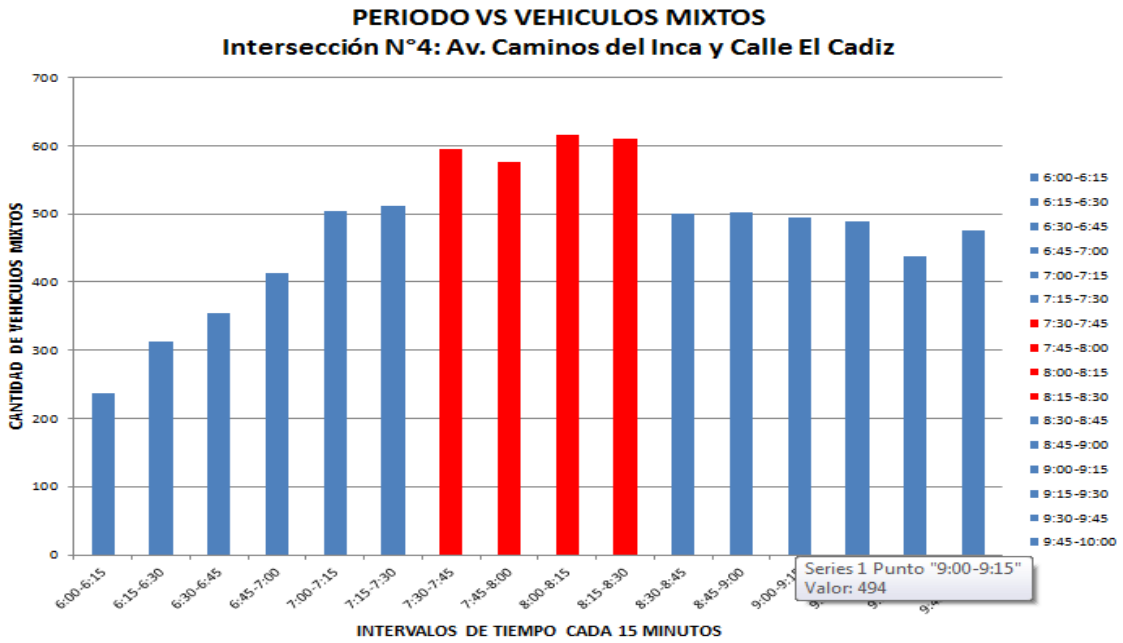


Figura 2-9: Periodo vs Vehículos Mixtos de la Intersección N° 04.
Fuente: Propia 2018

Como en todos los casos anteriores se tiene los registros de los tiempos de verde, rojo y ámbar de cada fase de los semáforos en la intersección N°04, tal como se puede visualizar en la figura 2-9. En esta intersección el ciclo semafórico está comprendido en 2 fases con tiempos de verde según se detalla:

- Av. Caminos del inca - Verde N-S y S-N: 65 Segundos
- Jr. Cádiz - Verde O-E: 45 Segundos

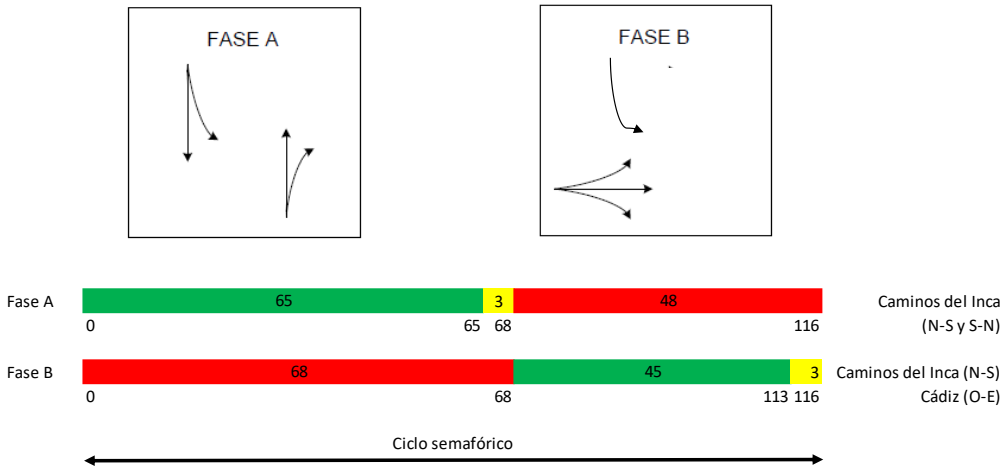


Figura 2-10: Ciclo semafórico de la intersección N° 04.
Fuente: Propia 2018

2.3 FACTOR DE HORA PUNTA

Los volúmenes del flujo vehicular sufren variaciones por el comportamiento variable de tráfico, se puede asegurar que no siempre son constantes estos flujos vehiculares dentro de la hora de aforo, esto debido a que puede haber intervalos donde las tasas de flujo pueden incrementarse. Por lo tanto, para el análisis de estas variaciones se revisará el factor de horario Pico o FHP de cada acceso en cada una de las intersecciones mostradas, al presentarse las tablas notaremos las diferencias que existen en cada acceso en una misma intersección.

2.3.1 Intersección N° 01: Av. Caminos del Inca – Jr. Batallón Callao

En la Tabla 2-1 se presentan los volúmenes horarios de máxima demanda y los factores de hora pico por acceso.

Parámetros	ACCESO 1 (N-S)				ACCESO 2 (S-N)				ACCESO 3 (O-E)				ACCESO 4 (E-O)			
	→	↗	↘	↩	→	↗	↘	↩	→	↗	↘	↩	→	↗	↘	↩
	11	**12**	**13**	**14**	**21**	**22**	**23**	**24**	**31**	**32**	**33**	**34**	**41**	**42**	**43**	**44**
n_{60}	689	95	82	0	1304	54	0	0	90	89	0	0	100	164	0	0
4*(n_{15})	700	108	96	0	1324	76	0	0	108	132	0	0	140	180	0	0
F.H.P.	**0.98**	**0.88**	**0.85**		**0.98**	**0.71**			**0.83**	**0.67**			**0.71**	**0.91**		

Tabla 2-1: Factor de Hora Punta Intersección N° 01
Fuente: Propia 2018

2.3.2 Intersección N° 02 Av. Caminos del Inca – Av. Velasco Astete

En la Tabla 2-2, se presentan los volúmenes horarios de máxima demanda y los factores de hora pico por acceso.

Parámetros	ACCESO 1 (N-S)				ACCESO 2 (S-N)				ACCESO 3 (E-O)				ACCESO 1 (O-E)			
	11	12	13	14	21	22	23	24	31	32	33	34	41	42	43	44
n_{60}	692	146	95	0	1024	415	29	0	1138	48	270	0	883	544	115	0
$4*(n_{15})$	716	156	108	0	1052	432	36	0	1220	60	292	0	964	564	124	0
F.H.P.	**0.97**	**0.94**	**0.88**		**0.97**	**0.96**	**0.81**		**0.93**	**0.80**	**0.92**		**0.92**	**0.96**	**0.93**	

Tabla 2-2: Factor de Hora Punta Intersección. N° 02.
Fuente: Propia 2018

2.3.3 Intersección N° 03 Av. Caminos del Inca – Av. Higuereta

En la Tabla 2-3 se presentan los volúmenes horarios de máxima demanda y los factores de hora pico por acceso.

Parámetros	ACCESO 1 (N-S)				ACCESO 2 (S-N)				ACCESO 3 (O-E)			
	11	12	13	14	21	22	23	24	31	32	33	34
n_{60}	703	123	0	0	1179	0	842	0	0	236	274	0
$4*(n_{15})$	724	132	96	0	1216	0	892	0	0	264	300	0
F.H.P.	**0.97**	**0.93**			**0.97**		**0.94**			**0.89**	**0.91**	

Tabla 2-3: Factor de Hora Punta Intersección. N° 03.
Fuente: Propia 2018

2.3.4 Intersección N° 04: Av. Caminos del Inca – Calle El Cádiz

En la Tabla 2-4 se presentan los volúmenes horarios de máxima demanda y los factores de hora pico por acceso.

Parámetros	ACCESO 1 (N-S)				ACCESO 2 (S-N)				ACCESO 3 (O-E)			
	11	12	13	14	21	22	23	24	31	32	33	34
n_{60}	809	54	90	0	1213	57	29	0	66	62	17	0
$4*(n_{15})$	824	88	104	0	1240	64	36	0	88	76	24	0
F.H.P.	**0.98**	**0.61**	**0.87**		**0.98**	**0.89**	**0.81**		**0.75**	**0.82**	**0.71**	

Tabla 2-4: Factor de Hora Punta Intersección. N° 04.
Fuente: Propia 2018

2.4 FLUJOGRAMAS

Los flujogramas presentados a continuación presentan los flujos vehiculares producto del conteo realizado en campo en las cuatro intersecciones, al procesar los volúmenes vehiculares se tuvo que realizar un balanceo volumétrico para poder utilizarlos y representarlos en el software Synchro 8.0.

A continuación se detallan las características del comportamiento de los vehículos de las cuatro intersecciones a través de los flujogramas.

Av. Caminos del Inca – Calle Batallón Callao

Podemos notar que en esta intersección el flujo vehicular predominante está en la Av. Caminos del Inca, esta información nos sirve para incrementar el tiempo de verde en la vía de mayor demanda y así tener mayor capacidad en la descarga que se genera producto de las demoras en esta intersección.

Av. Caminos del Inca – Av. Velasco Astete

Esta intersección es una de las más importantes del área de estudio, los flujos vehiculares en ambas vías son similares e importantes por la demanda generada, los giros a la izquierda en esta intersección aportan volúmenes variables según el acceso, la carga vehicular transportada pude llegar de 2% hasta 20% del volumen haciendo diferenciación en cada uno de los accesos.

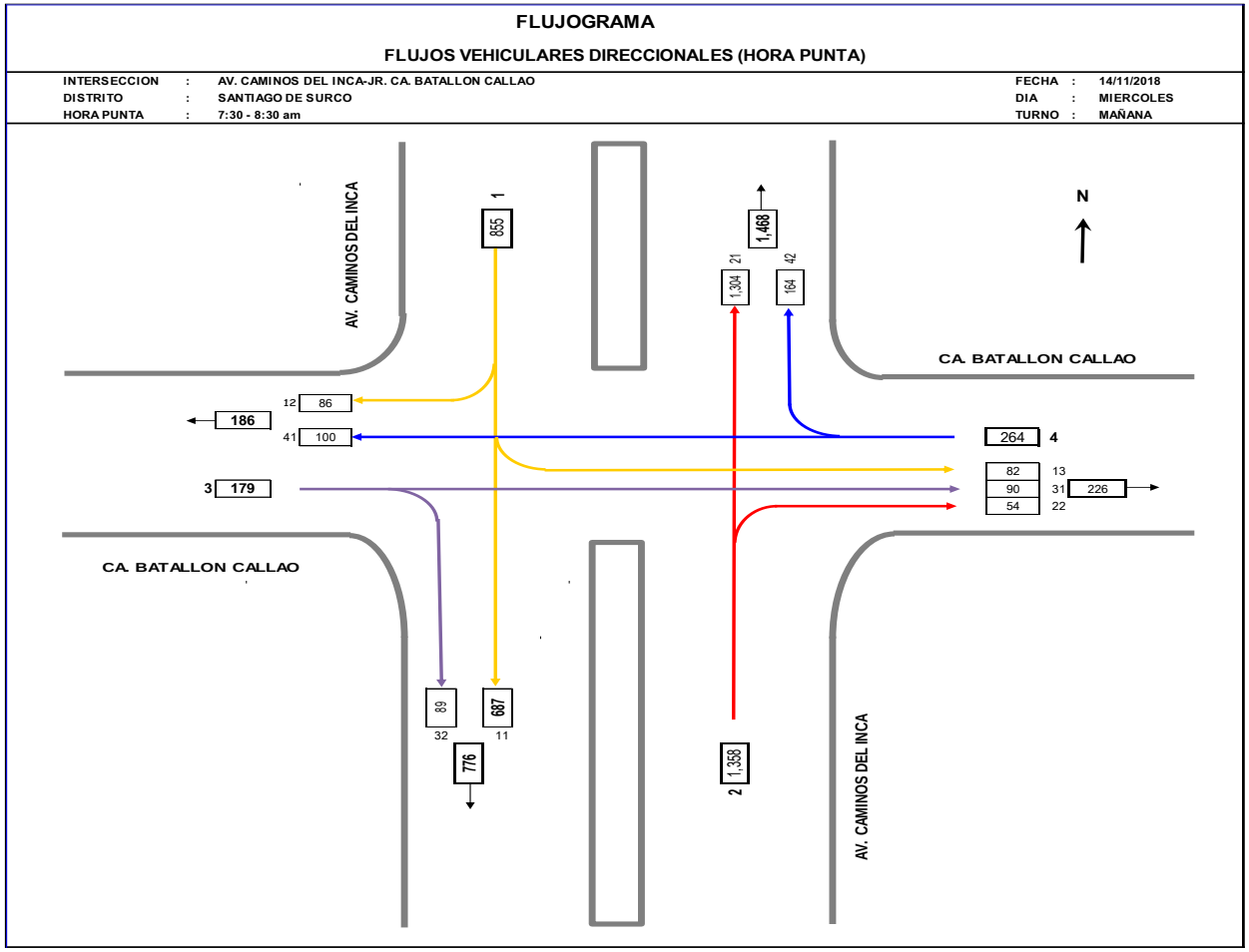
Av. Caminos del Inca – Av. Higuereta

Aquí una gran parte del flujo vehicular que viene de sur a norte gira a la izquierda con dirección a la Av. Higuereta, este flujo representa casi el 45% del volumen vehicular que viene en esa dirección, al tener un volumen importante de vehículos y ser una intersección en forma de T, en principio pensaríamos que necesariamente se tendría que tener un giro a la izquierda en medio de la Ola Verde.

Av. Caminos del Inca – Jr. Cádiz

La Calle Cádiz presenta flujo moderado respectos a otras intersecciones, se podría aprovechar esto para aumentar el tiempo de verde en la vía predominante.

1.12.1 AV. CAMINOS DEL INCA – CALLE BATALLON CALLAO



TIPO DE VEHICULO	ACCESO 1				TOTALES	%
	11	12	13	14		
LIVIANO	646	86	82	0	814	0.95
PESADO	41	0	0	0	41	0.05
					855	

TIPO DE VEHICULO	ACCESO 2				TOTALES	%
	21	22	23	24		
LIVIANO	1,141	54	0	0	1,195	0.88
PESADO	163	0	0	0	163	0.12
					1,358	

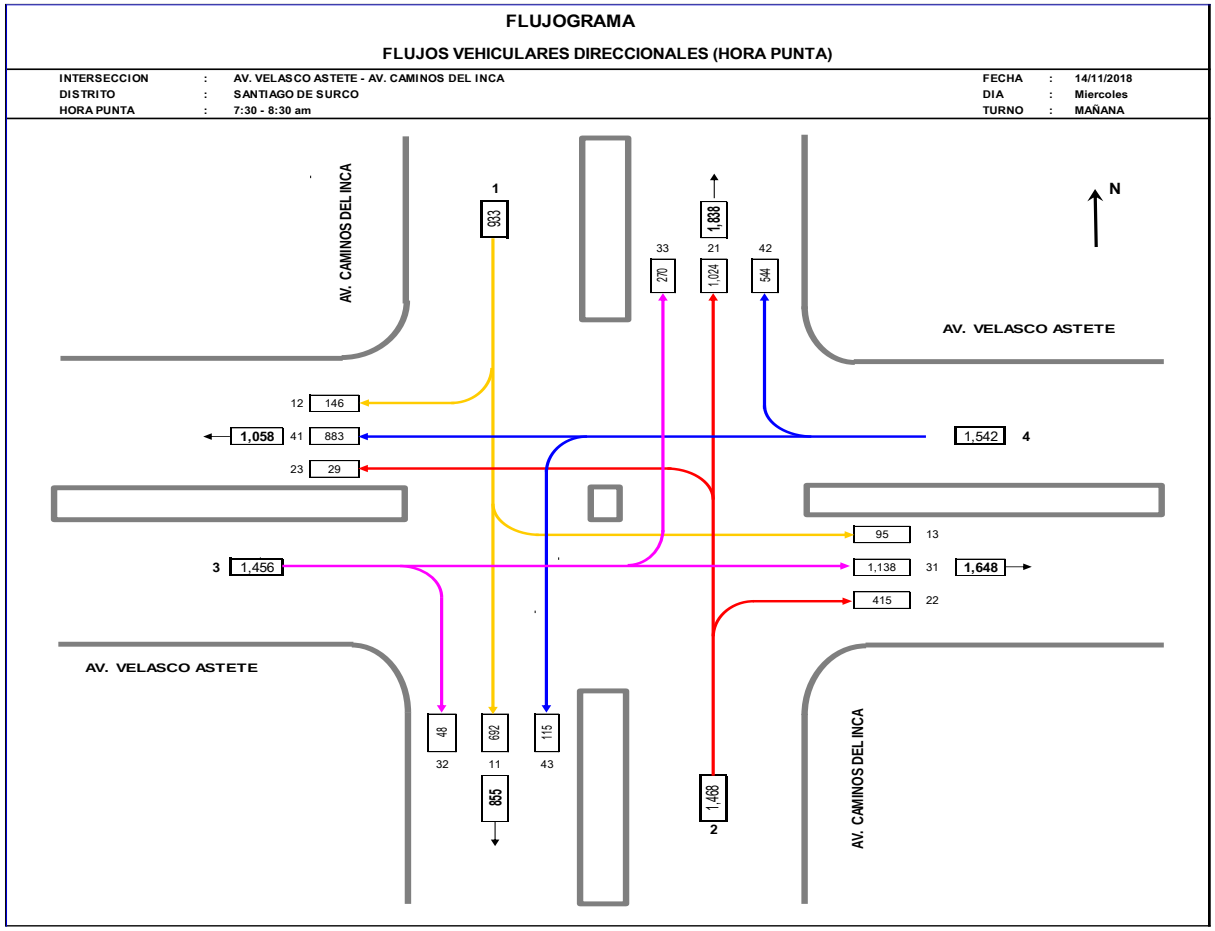
TIPO DE VEHICULO	ACCESO 3				TOTALES	%
	31	32	33	34		
LIVIANO	86	89	0	0	175	0.98
PESADO	4	0	0	0	4	0.02
					179	

TIPO DE VEHICULO	ACCESO 4				TOTALES	%
	41	42	43	44		
LIVIANO	95	143	0	0	238	0.90
PESADO	5	21	0	0	26	0.10
					264	

Figura 2-11: Flujograma Caminos del Inca y Batallón

Fuente: Propia 2018.

2.4.2 AV. CAMINOS DEL INCA – AV VELASCO ASTETE



TIPO DE VEHICULO	ACCESO 1				TOTALES	%
	11	12	13	14		
LIGERO	644	145	90	0	879	0.94
PESADO	48	1	5	0	54	0.06
					933	

TIPO DE VEHICULO	ACCESO 2				TOTALES	%
	21	22	23	24		
LIVIANO	865	390	29	0	1,284	0.87
PESADO	159	25	0	0	184	0.13
					1,468	

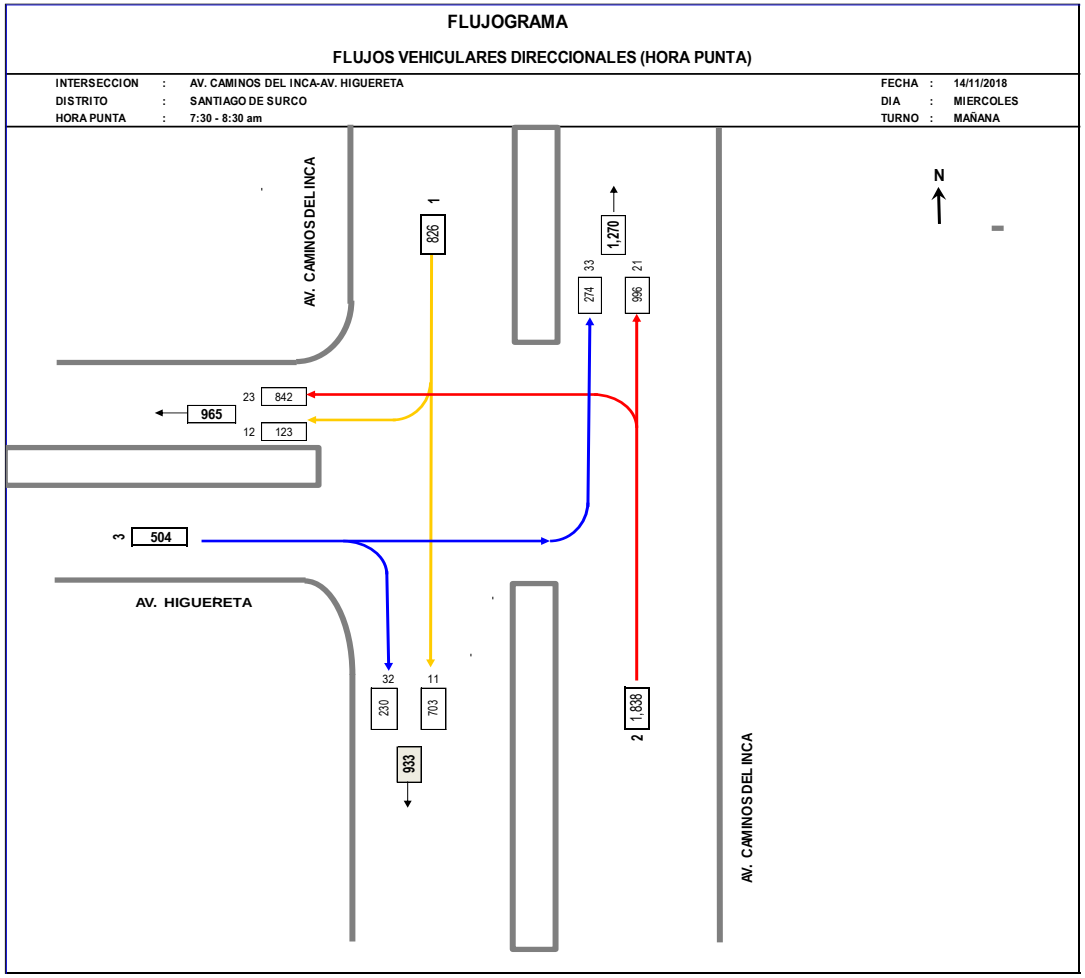
TIPO DE VEHICULO	ACCESO 3				TOTALES	%
	31	32	33	34		
LIVIANO	1,134	48	260	0	1,442	0.99
PESADO	4	0	10	0	14	0.01
					1,456	

TIPO DE VEHICULO	ACCESO 4				TOTALES	%
	41	42	43	44		
LIVIANO	878	530	113	0	1,521	0.99
PESADO	5	14	2	0	21	0.01
					1,542	

Figura 2-12: Flujograma Caminos del Inca y Velazco A.

Fuente: Propia 2018.

2.4.3 AV. CAMINOS DEL INCA – AV HIGUERETA



TIPO DE VEHICULO	ACCESO 1				TOTALES	%
	11	12	13	14		
LIVIANO	655	120	0	0	775	0.94
PESADO	48	3	0	0	51	0.06
					826	

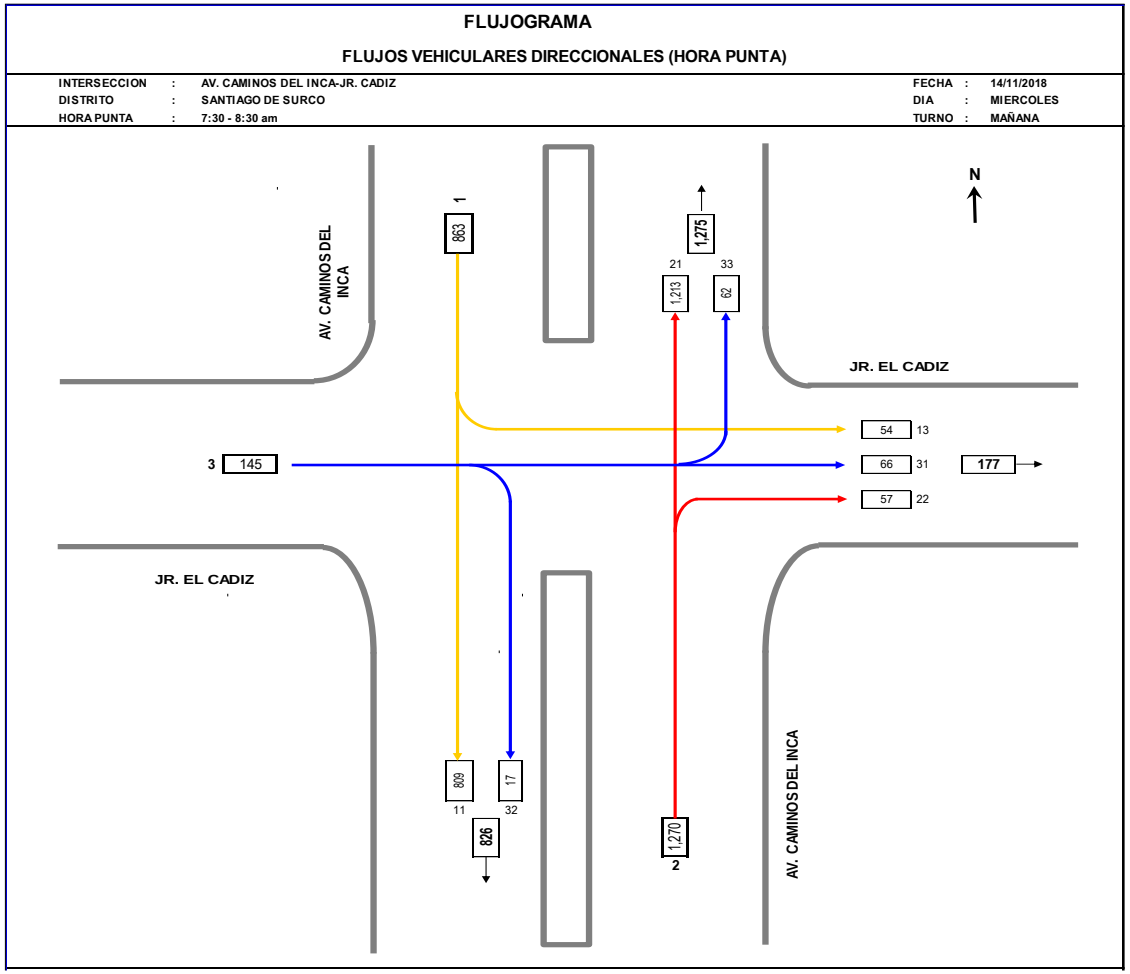
TIPO DE VEHICULO	ACCESO 2				TOTALES	%
	21	22	23	24		
LIVIANO	996	0	842	0	1,838	1.00
PESADO	0	0	0	0	0	0.00
					1,838	

TIPO DE VEHICULO	ACCESO 3				TOTALES	%
	31	32	33	34		
LIVIANO	0	230	270	0	500	0.99
PESADO	0	0	4	0	4	0.01
					504	

Figura 2-13: Flujograma Caminos del Inca y Av. Higuereta.

Fuente: Propia 2018.

2.4.4 AV. CAMINOS DEL INCA – JR. CADIZ



TIPO DE VEHICULO	ACCESO 1				TOTALES	%
	11	12	13	14		
LIVIANO	761	52	90	0	903	0.95
PESADO	48	2	0	0	50	0.05
					953	

TIPO DE VEHICULO	ACCESO 2				TOTALES	%
	21	22	23	24		
LIVIANO	1,034	49	29	0	1,112	0.86
PESADO	179	8	0	0	187	0.14
					1,299	

ACCESO 3				TOTALES	%
31	32	33	34		
62	14	48	0	124	0.86
4	3	14	0	21	0.14
				145	

Figura 2-14: Flujograma Caminos del Inca y Cádiz.

Fuente: Propia 2018.

3 CAPÍTULO III: MODELAMIENTO EN PROGRAMA SYNCHRO 8.0

En la Figura 3-1 se muestra el trazado de las vías e intersecciones estudiadas, la Av. Caminos de Inca es la que se muestra de forma horizontal, mientras que las calles que forman las intersecciones, de manera vertical. Por otra parte, a cada intersección de las se le asignó un código o número de nodo. De derecha a Izquierda son las intersecciones N° 01 (cruce Av. Caminos del Inca con Jr. Batallón Callao), N° 02 (cruce Av. Caminos del Inca con Av. Velazco Astete), N° 03 (cruce Av. Caminos del Inca con Av. Higuereta) y N°4 (cruce Av. Caminos del Inca con Jr. Cádiz).

Una vez obtenida el trazado geométrico de las calles y avenidas, se procedió a ingresar todos los datos recopilados en campo necesarios al programa para, de esta forma, programar los semáforos, esquematizar los sentidos de flujos y proyectar los volúmenes vehiculares a fin de adquirir el modelo actual del sistema.



Figura 3-1: Modelamiento de las Vías en Synchro 8.0
Fuente: Elaboración propia 2018

Para el obtener la solución a la congestión vehicular y así mejorar el nivel de servicio de la vía de estudio, no solo fue suficiente la implementación de la ola verde y su sincronización y optimización de los ciclos semafóricos, sino que, también, se realizó las siguientes modificaciones.

- Intersección Av. Caminos del Inca y Batallón Callao
    - Modificación del Ciclo Semafórico.
    - Incremento del tiempo de verde efectivo en la vía preferente.
    - Eliminación del giro a la izquierda hacia el Jr. Batallón Callao, en ambos sentidos de la Av. Caminos del Inca.
    - Canalización de nuevas rutas alternas para contrarrestar las restricciones de los giros a la izquierda.
- Intersección Av. Caminos del Inca y Velazco Astete
    - Modificación del Ciclo Semafórico.
    - Aumento en el tiempo de verde efectivo en la Av. Caminos del Inca.
    - Eliminación del giro a la izquierda hacia la Av. Velazco Astete, en ambos sentidos de la Av. Caminos del Inca.
- Intersección Av. Caminos del Inca y Av. Higuereta
    - Cambio en el Ciclo Semafórico.
    - Incremento del tiempo de verde en la Av. Caminos del Inca
    - Modificación Geométrica de la vía Caminos del en dirección de Sur a Norte, se implementó un tercer carril para el giro exclusivo a la izquierda en dirección a la Av. Higuereta.
- Intersección Av. Caminos de Inca y Ca. Cádiz.
    - Modificación en el ciclo semafórico.
    - Incremento del tiempo de verde efectivo en la vía preferente.

Cada una de estas variaciones a las condiciones actuales de la vía aportan a la conformación de la Ola Verde, más adelante verificaremos las mejoras obtenidas revisando los siguientes parámetros

- Niveles de Servicio
- Demoras
- Grado de Saturación
- Niveles ICU (utilización de capacidad de intersección)

3.1 FLUJO VEHICULAR DE LAS INTERSECCIONES ESTUDIADAS

En la Figura 3-2 se muestra los flujos vehiculares en cada acceso por cada interseccion estudiada producto del aforo de volumen vehicular y del balanceo volumétrico realizado.



Figura 3-2: Flujo Vehicular de la Zona de Estudio (Av. Caminos del Inca).
Fuente: Elaboración propia sobre la base del Synchro 2018.

3.2 RESTRICCIÓN DE LOS GIROS A LA IZQUIERDA

Para la implementación de la Ola Verde se eliminaron los giros a la izquierda en algunas intersecciones, con la finalidad de que estos movimientos no generen demoras en la circulación fluida durante el intervalo de verde en los semáforos de cada intersección. Se determinó que esas modificaciones eran viables para las intersecciones N° 01 (Jr. Batallón) y la N° 02 (Av. Astete), mientras que en la intersección N° 03 (Av. Higuereta) no era posible, ya que esta es un cruce en forma de “T” y en donde necesariamente se tendría que mantener el giro a la izquierda, ya que hacer una canalización era inviable, y en la intersección N° 04 (Jr. Cádiz) no ameritaba suprimir esta maniobra, ya que el volumen vehicular para estos giros es mínimo y no afectaba al sistema.

En la Figura 3-3 se muestra la restricción (con letreros de prohibición) de estos giros según lo indicado anteriormente.



Figura 3-3: Restricciones de giro a la izquierda en intersecciones N° 01 y N° 02
Fuente: Elaboración propia 2018

3.3 MODIFCIACIÓN DE LA GEOMETRIA

Otra de las medidas que se optaron para el mejor funcionamiento de la ola verde fue la modificación de la geometría vial. En la situación actual de la Av. Caminos del Inca, en el tramo comprendido desde la intersección N° 02 (Av. Astete) hasta la N° 03 (Av. Higuereta) se genera congestion debido a la gran cantidad de vehiculos en la Av. Caminos del Inca en el sentino sur a norteen el giro a la izquierda en direccion a la Av. Higuereta.

Por ello, como se muestra en la Figura 3-4 se optó por implementar un tercer carril aislado en el lado izquierdo de la avenida para que sea exclusivamente para los giros hacia la izquierda y así poder liberar de carga vehicular a los dos carriles existentes y que sus flujos se establecerían en sentidos rectos.



Figura 3-4: Av. Implementación de Tercer Carril (tramo Higuereta – Velasco A.)
Fuente: Elaboración propia 2018

3.4 DESVIOS Y CANALIZACIÓN DE FLUJO VEHICULAR

Dentro de la solución con la implementación de la ola verde se realizaron adaptaciones antes vistas como las restricciones de algunos giros a la izquierda, la incorporación de un tercer carril exclusivo para virar a la izquierda; en un determinado tramo, para darle mayor fluidez a las vías; a esto, también, se dispuso resolver el problema que generaría a los conductores la prohibición de los giros a la izquierda. Estas medidas que se optaron fue el desvío y la canalización del flujo vehicular en intersecciones intervenidas. Con esto se logra que los vehículos puedan seguir circulando por la vía de forma recta y continuar con el trayecto sin afectar el tiempo de verde de ambos sentidos.

3.4.1 Desvió y canalización en Intersección N° 01 (Batallón)

En esta Intersección se determinó que en la Av. Caminos del Inca, en ambos sentidos, se eliminarían los giros a la izquierda que volteaban hacia el Jr. Batallón Callao, por ello se planteó realizar desvíos y canalizaciones de flujo de la siguiente manera, tal como se muestra en la Figura 3-5; en el sentido de sur a norte (líneas rojas) el desvío se estableció una cuadra después de la intersección intervenida, con un giro la derecha, luego con otro giro a la derecha y finalmente una más a la derecha de esta forma se insertaba el flujo a la vía inicialmente deseada (Jr. Batallón), similarmente,

en el sentido de norte a sur (líneas azules) el desvío será a la derecha pero una cuadra antes de llegar al cruce en cuestión, luego un giro a la izquierda y finalmente otro en el mismo sentido, de esta forma el flujo se reinsertará al Jr. Batallón de la que fue desviado.



Figura 3-5: Desvió y canalización en Intersección N° 01 (Batallón)
Fuente: Elaboración propia 2018

3.4.2 Desvió y canalización en Intersección N° 02 (Astete)

Al igual que la intersección anterior el giro a la izquierda generaba demoras en el sistema, por ello, también, se estableció que en la Av. Caminos del Inca eliminar estos movimientos que descargaban en la Av. Velazco Astete, por lo tanto, se proyectó desviar y canalizar los flujos que viraban hacia el lado izquierdo de la manera como se representa en la Figura 3-6; en la dirección de sur a norte (líneas rojas) el desvío comprende hacia la derecha en Astete con dirección oeste, para luego continuar unos 70m y hacer un giro en "U", de esta forma insertarse a la misma vía pero en la dirección deseada (Este); de la misma forma como se explicó del sentido sur a norte, en la trayectoria de norte a sur de Caminos del Inca (líneas azules) el desvío y canalización será similar con el giro a la derecha

pero hasta unos 60m para dar una vuelta en “U”. De esta forma el flujo desviado se reinsertará a la vía y dirección deseada (oeste) de la Av. Velasco Astete.

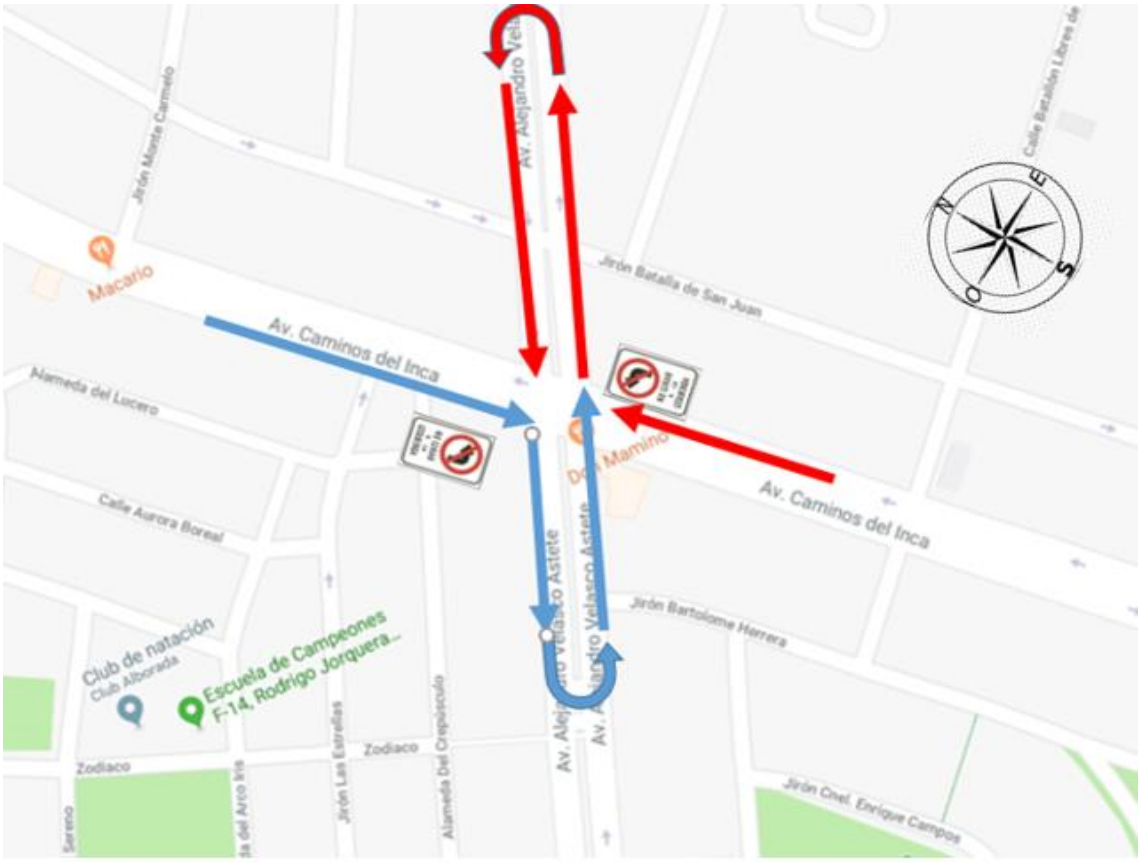


Figura 3-6: Desvió y canalización en Intersección N° 02 (Astete)
Fuente: Elaboración propia 2018

4 CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS

En esta sección se comparará los resultados obtenidos del modelamiento del sistema en el Software Synchro 8.0, es decir se comparará modelos con las condiciones actuales de la vía y los modelos implementando la Ola Verde y las mejoras. Los parámetros comparados son los siguientes:

- Grado de saturación (X) o relación v/c
- Niveles de servicio (NS)
- Nivel ICU
- Demoras por control (d)

Para este fin utilizaremos imágenes capturadas del software Synchro 8.0.

4.1 INTERSECCIONES

La vía de estudio tiene 4 intersecciones semaforizada

- Intersección N° 01: Av. Caminos del Inca y Jr. Batallón Callao
- Intersección N° 02: Av. Caminos del Inca y Av. Velasco Ateste
- Intersección N° 03: Av. Caminos del Inca y Av. Higuereta
- Intersección N° 04: Av. Caminos del Inca y Jr. El Cádiz

4.1.1 Intersección N° 01 Caminos del Inca y Batallón Callao



Figura 4-1: Intersección N° 1 - Escenario Actual (a) vs Ola Verde (b)
Fuente: elaboración Propia 2018

INTERSECCIÓN N° 01 (Batallón)		
Acceso	Escenario	
	Actual	Optimizado
N-S	0.70	0.39
S-N	0.75	0.74
E-O	0.90	0.90
O-E	0.57	0.57

Tabla 4-1: Grado de Saturación por acceso Intersección Batallón
Fuente: Elaboración Propia 2018 V/C

En la intersección N° 1 tenemos los grados de saturación de los escenarios Actual y con Ola Verde, este parámetro lo tenemos por acceso tal como se muestra en la Tabla 4-1. Podemos observar como los grados de saturación mejoran con la implementación de la Ola Verde.

Acceso N-S, podemos notar que en este acceso el grado de saturación mejoro 57% respecto a las condiciones actuales de la vía esto debido a la mejor en los tiempo de verde brindándole mayor tiempo para poder circular o descargar el volumen vehicular.

Acceso S-N, el grado de saturación mejoro1%, el volumen vehicular en este acceso es menor, 56% menos, comparado con el de N-S. Por ello la mejora realizada implementado la Ola Verde no es significativa.

Acceso E-O, la situación en este acceso respecto al grado de saturación se mantiene igual, debido al volumen vehicular que transporta, esto quiere decir que al reducir en el ciclo semafórico y tiempo de verde para este acceso no se verá afectada la disipación de la carga vehicular que transporta.

Acceso O-E, al igual que el acceso anterior el grado de saturación no cambia por las razones expuestas en el acceso O-E.

Intersección N° 01 (Batallón)		
Indicadores	Escenario	
	Actual	Optimizado
Nivel de Servicio HCM	C	B
Nivel ICU (%)	101.1	71.4
Demoras (s)	20.1	16.7

Tabla 4-2: Indicadores - Intersección N° 01
Fuente: Elaboración Propia 2018

Nivel de Servicio:

Cada nivel de servicio representa un rango de condiciones de operación y la percepción del conductor, en esas condiciones para esta primera intersección el nivel de servicio mejora de C a B.

Niveles ICU:

El nivel ICU para la situación actual para la intersección N° 1 sobrepasa el 100% es decir tenemos una utilización de la vía que excede su capacidad. Mientras que implementando la Ola Verde. Además, eliminado los giros a la izquierda, generando canalizaciones vehiculares para aquellos transportes que ya no pueden girar a la izquierda la mejora en este parámetros llega a 71.4%.

Demoras:

El tiempo que tomaba un vehículo en cruzar esta intersección era de 20.1 segundo implementando la Ola Verde y las mejoras ahora toma 16.7 Segundos, cabe resaltar que en esta intersección inicia la Ola Verde por lo que la mejora en el tiempo de cruce de esta intersección se ve afectada por el tiempo que toman el vehículo en adquirir su velocidad promedio debido a la aceleración del mismo.

4.1.2 Intersección N° 02 Caminos Del Inca Y Velazco Astete



Figura 4-2: Intersección N° 2 - Escenario Actual vs Ola Verde
Fuente: Elaboración Propia 2018

INTERSECCIÓN N° 02 (V. Astete)		
Acceso	Escenario	
	Actual	Optimizado
N-S	1.31	0.51
S-N	1.33	0.74
E-O	2.14	0.95
O-E	3.45	0.92

Tabla 4-3: Grado de Saturación por acceso Intersección V. Astete.
Fuente: Elaboración Propia 2018

La intersección N° 2 en una de las vías más importantes del distrito y como se muestra en la Tabla 4-3 se tiene los valores de los grados de saturación del escenario Actual y con Ola Verde, este parámetro se detalla por acceso. Podemos observar como los grados de saturación mejoran con la implementación de la Ola Verde y la eliminación de los giros a la izquierda. Interpretemos cada uno de los valores que nos muestra la tabla en cada acceso.

Acceso N-S, se puede observar que en las condiciones actuales nos muestra un grado de saturación mayor a 1 (1.31), lo que nos muestra que estamos frente a un exceso de demanda respecto a la capacidad de vía, el volumen vehicular sobrepaso los límites de capacidad de la vía. Con la mejora realizada con la ola verde, podemos notar que el grado de saturación mejoro a 0.51 es decir se tiene una reducción de 61% respecto a las condiciones actuales de la vía, esto debido a la mejora en los tiempo de verde brindándole mayor tiempo para poder circular o descargar el volumen vehicular. Además, la eliminación de los giros a la izquierda.

Acceso S-N, al igual que el acceso anterior el grado de saturación mejoro de 1.33 a 0.74, es decir se redujo en 44% respecto a las condiciones actuales de operación de la vía de estudio.

Acceso E-O, podemos notar que el grado de saturación en este acceso llegaba a 2.14 lo que se traduce en una vía totalmente congestionada que duplicaba en más del doble de la capacidad de transporte de la vía. En esta condiciones la ola verde mejoró significativamente este parámetro con lo que la circulación mejora notablemente al tener una grado de duración menor a uno (0.95), si bien está cerca a los límites de la capacidad de la vía podemos destacar que la mejora aporta a una mayor fluidez en la descarga del volumen vehicular.

Acceso O-E, las condiciones de operación de este acceso eran notoriamente caóticas teniendo un grado de saturación de 3.45 excediendo en casi 4 veces la capacidad de la vía, con las mejoras realizadas tenemos un valor de 0.92 permitiendo tener a la vía dentro de los límites permitidos de su capacidad, traduciéndose esto en menos tráfico y mejor fluidez de los volúmenes vehiculares.

Intersección N° 02 (Astete)		
Indicadores	Escenario	
	Actual	Optimizado
Nivel de Servicio HCM	F	C
Nivel ICU (%)	176.7	77.1
Demoras (s)	333.2	35.3

Tabla 4-4: Indicadores - Intersección N° 02
Fuente: Elaboración Propia 2018

Nivel de Servicio:

Ya sabemos que el nivel de servicio representa un rango de condiciones de operación y la percepción del conductor, para esta intersección en condiciones actuales versus las mejoras producto de la Ola Verde el nivel de servicio mejora de F a C, con lo que confirma los resultados positivos obtenidos en el grado de saturación.

Niveles ICU:

El nivel ICU simulado en el Synchro en los modelos de la situación actual y el modelo con Ola verde para la intersección N° 2 nos muestra una reducción mayor al 50% del valor actual del grado de saturación, el ICU de las condiciones actuales sobrepasa el 100% es decir tenemos una utilización de la vía que excede su capacidad. Mientras que implementando la Ola Verde, eliminado los giros a la izquierda y generando canalizaciones vehiculares para aquellos volúmenes vehiculares que ya no pueden girar a la izquierda la mejora en este parámetro es importante.

Demoras:

Notamos que el tiempo promedio que tomaba un vehículo en cruzar esta intersección era de 333.2 segundos. Con la implementación de la Ola Verde la demora promedio disminuyó a 35.3 segundos.

4.1.3 Intersección N° 03 caminos del inca y av. Higuereta



Figura 4-3: Intersección N° 3 - Escenario Actual vs Ola Verde
Fuente: Elaboración Propia 2018

INTERSECCIÓN N° 03 (Higuereta)		
Acceso	Escenario	
	Actual	Optimizado
N-S	0.54	0.43
S-N (T)	1.36	0.42
S-N (L)	2.60	0.70
O-E (L)	0.45	0.39
O-E (R)	0.36	0.30

Tabla 4-5: Grado de Saturación por acceso Intersección Higuereta.
Fuente: Elaboración Propia 2018

La intersección N° 3 tiene forma de T, y tiene la limitación de plantear re-ruteo para la eliminación de giros a la izquierda, en la Tabla 4-5 se tiene los valores de los grados de saturación del escenario Actual y con Ola Verde, donde se puede visualizar que estos indicadores se reducen. A esto se sumó la incorporación de un tercer carril que aportó a mejores resultados.

A continuación se detalla cada uno de los valores que nos muestra la tabla 4-5 en cada acceso.

Acceso N-S, en las condiciones actuales nos muestra un grado de saturación menor a 1 (0.54), lo que nos muestra que no estamos frente a un exceso de demanda respecto a la capacidad de vía, el volumen vehicular no sobrepaso los límites de capacidad de la vía. Con la implementación de la ola verde, podemos notar que el grado de saturación mejoro a 0.43 es decir se tiene una reducción de

20% respecto a las condiciones actuales de la vía, debido a la mejora en los tiempo de verde brindándole mayor tiempo para poder circular o descargar el volumen vehicular.

Acceso S-N (T), al igual que el acceso anterior el grado de saturación mejoro de 1.36 a 0.42, es decir se redujo en 70% respecto a las condiciones actuales de operación de la vía de estudio, permitiendo que la vía trabaja bajo los límites de su capacidad.

Acceso S-N (L), aquí el volumen vehicular sobrepasa el doble de la capacidad de la vía, por lo que se confirma la congestión registrada en la visita de campo; con la implementación de la Ola Verde el grado de saturación se redujo en 73%, permitiendo estar dentro de los límites de la capacidad del acceso.

Acceso O-E (L), si bien este acceso no sobrepasa el grado de saturación, con la Ola Verde mejoró aún más, obteniendo una reducción de 0.45 a 0.39.

Acceso O-E (R), al igual que el acceso anterior los grados de saturación estaban por debajo de los límites de la capacidad de la vía en las condiciones de operación, con la solución planteada el grado de saturación se reduce de 0.36 a 0.30, traduciéndose esto en mayor fluidez de los volúmenes vehiculares.

Intersección N° 03 (Higuereta)		
Indicadores	Escenario	
	Actual	Optimizado
Nivel de Servicio HCM	F	B
Nivel ICU (%)	103.8	79.5
Demoras (s)	239.9	11.4

Tabla 4-6: Indicadores - Intersección N° 03
Fuente: Elaboración Propia 2018

Nivel de Servicio:

Para esta intersección en las condiciones actuales versus las mejoras producto de la Ola Verde el nivel de servicio mejora de F a B, con lo que confirma los resultados positivos obtenidos en el nivel de servicio.

Niveles ICU:

Para la intersección N° 2 se muestra una reducción mayor de 23% del ICU, las condiciones actuales de este parámetro sobrepasa el 100% (103.8), es decir

tenemos una utilización de la vía que excede su capacidad. Mientras que con una vía con Ola Verde e insertando un tercer carril de acumulación para los vehículos que giraran a la izquierda tenemos un ICU de 79.5%.

Demoras:

Se puede ver que el tiempo que tomaba un vehículo en cruzar esta intersección era de 239.9 segundos, lo que nos dice la magnitud de problema de la congestión. Con la implementación la Ola Verde y las mejoras ahora nos toma 11.4 Segundos, aquí el volumen vehicular ya se encuentra en su tercera intersección por lo que la velocidad de los vehículos mantiene su valor promedio o los límites de velocidad permitido.

4.1.4 Intersección N° 04 Caminos Del Inca Y Calle El Cádiz



Figura 4-4: Intersección N° 4 - Escenario Actual vs Ola Verde
Fuente: Elaboración Propia 2018

INTERSECCIÓN N° 04 (Cádiz)		
Acceso	Escenario	
	Actual	Optimizado
N-S (T)	0.51	0.36
N-S (L)	1.48	0.36
S-N	0.90	0.64
O-E	0.14	0.31

Tabla 4-7: Grado de Saturación por acceso Intersección Cádiz
Fuente: Elaboración Propia 2018

La intersección N° 4 es la menos congestionada de todo el sistema. Aquí se modificó el ciclo semafórico, en la Tabla 4-7 se muestra los valores de los grados

de saturación del escenario Actual y con Ola Verde, este parámetro se detalla por acceso.

Acceso N-S (T), se puede observar que en condiciones actuales nos muestra un grado de saturación menor a 1 (0.51), lo que nos muestra que estamos dentro de los límites permitidos de la capacidad de la vía con la implementación de la Ola Verde este valor mejora a 0.36.

Acceso N-S (L), la capacidad de la vía esta sobre exigida al tener un valor de 1.48 de Grado de saturación, esto producto a un exceso de demanda respecto a la los límites de capacidad de vía, Con la mejora realizada con la ola verde, podemos notar que el grado de saturación mejoro a 0.36 es decir se tiene una reducción de 76% respecto a las condiciones actuales de la vía, la mejora en los tiempo de verde efectivo brinda mayor holgura para poder circular o descargar el volumen vehicular.

Acceso S-N, al igual que el acceso anterior el grado de saturación mejoro de 0.90 a 0.64, es decir se redujo en 29% respecto a las condiciones actuales de operación de la vía de estudio.

Acceso O-E, a diferencia de los casos anteriores aquí el grado de saturación subió de 0.14 a 0.31, a pesar de esto aún estamos por debajo de los límites permitidos de la capacidad de la vía, pero como se indicó en el caso anterior es necesario realizar modificaciones en el ciclo semafórico que aporte a la gestión de la ola verde.

Intersección N° 04 (Cádiz)		
Indicadores	Escenario	
	Actual	Optimizado
Nivel de Servicio HCM	D	A
Nivel ICU (%)	60.2	60.1
Demoras (s)	37	6.3

Tabla 4-8: Indicadores - Intersección N° 04
Fuente: Elaboración Propia 2018

Nivel de Servicio:

En las condiciones actuales versus las mejoras producto de la Ola Verde en esta intersección, el nivel de servicio mejora de D a A, la modificación en el ciclo

semafórico otorgo mayor fluidez a la vía principal brindándole mayor capacidad de descarga de colas y así mejorando en los niveles de servicio.

Niveles ICU:

Los modelos de la situación actual y el modelo con Ola verde para la intersección N° 4 nos muestra una reducción mínima del valor ICU es decir de 0.1%

Demoras:

Se puede ver que el tiempo promedio que tomaba un vehículo en cruzar esta intersección era de 37 segundos, con la implementación la Ola Verde y las mejoras ahora nos toma 6 Segundos, aquí el volumen vehicular ya se encuentra en su cuarta intersección por lo que la velocidad de los vehículos mantiene su valor promedio o los límites de velocidad permitido.

4.2 CICLOS SEMAFORICOS DE LAS INTERSECCIONES

Para la implementación de la ola verde, fue necesario modificar los tiempos del verde (g) de los semáforos y sus ciclos en todas las intersecciones tratadas. De esta manera se busca optimizar la sincronización de un semáforo con respecto a todo el sistema. A continuación se detallarán los ciclos semafóricos actuales comparados con la implementacion de la Ola Verde.

4.2.1 Intersección N° 01 Caminos del Inca con Batallón Callao

A continuación se muestra la primera intersección en estudio en la

Figura 4-5, en la cual se puede observar la configuración inicial o actual y también el modelo optimizado en este punto, el semáforo está configurado con un ciclo (c) de 120s, dos faces (cada vía con salidas en todas las direcciones en sus ambos sentidos). Como se puede distinguir en la fase A, se prioriza la Av. Caminos del Inca con un mayor tiempo de verde 85s con respecto a Jr. Batallón Callao que en la fase B solo cuenta con 30s de tiempo de verde. En el segundo moelo (optimizado) la variación no es muy considerable, el ciclo semafórico es igual, 120s, el tiempo de verde aumentó 2s para la fase A, pero en esta fase a la Av. Caminos del Inca se retringieron los giros a la izquierda en ambos sentidos haciendo más fjuido el tráfico.

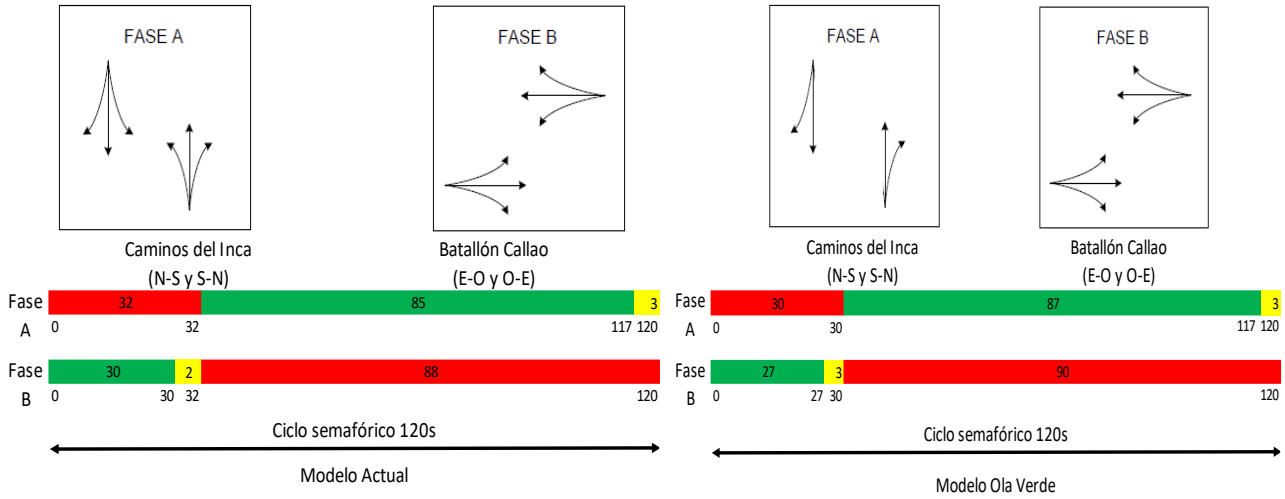


Figura 4-5: Intersección N° 01 Ciclos Semafóricos
Fuente: Elaboración propia 2018

4.2.2 Intersección N° 02 Caminos del Inca con Velazco Astete

En la siguiente

Figura 4-6 se puede diferenciar las diferencias entre el modelo actual y el optimizado. Para el primero el semáforo está constituido con 86s de ciclo (c), dos faces (cada vía con salidas en todas las direcciones en sus dos sentidos). Además de ello, el tiempo de verde estan distribuidas equitativamente a las dos vías con 40s cada una en cada una de sus fases. En el modelo (optimizado) las variaciones son, el ciclo semafórico es 120s, el tiempo de verde 120s, para la fase A se priorizó a la Av. Caminos del Inca con 72s de tiempo de verde, se retringieron los giros a la izquierda en sus dos sentidos, esto con el fin de disminuir el grado de saturación y las demoras.

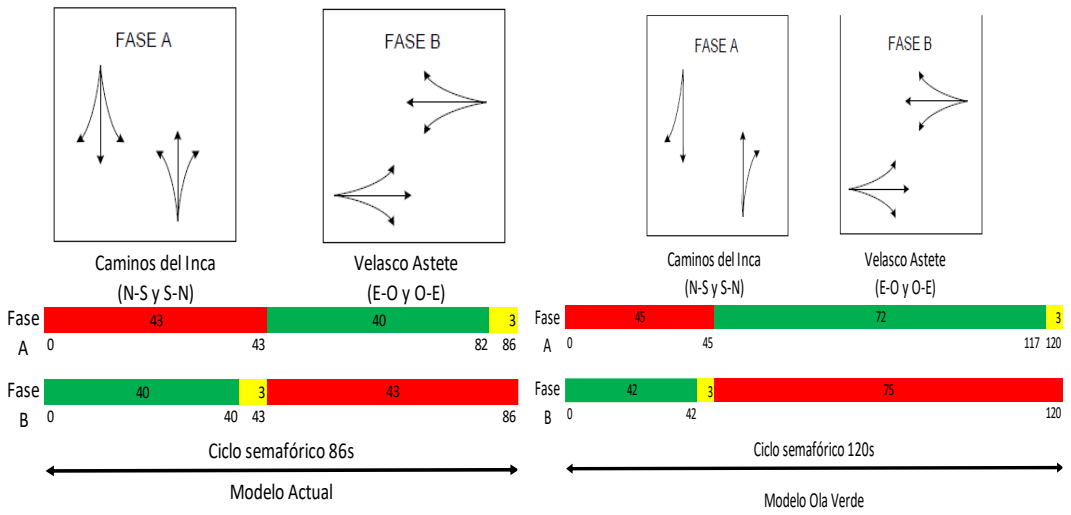


Figura 4-6: Intersección N° 02 Ciclos Semafóricos
Fuente: Elaboración propia 2018

4.2.3 Intersección N° 03 Caminos del Inca con Higuereta

En esta intersección N° 03 se aprecia en la

Figura 4-7, que al igual que las otras dos intersecciones anteriores se configuró a 120s el ciclo semafórico para el modelo optimizado. En este cruce existen tres fases a la cual a todas estas se les modifico sus sentidos de flujo, en la fase A se restringió el giro a la izquierda, la fase B del model actual pasó a ser la fase C del optimizado y finalmente la C se convirtió en la fase B. con respecto a los tiempos de los verdes, se tuvo un poco más de prioridad con la Av. Caminos del Inca que a la Av. Higuereta haciendo un total de 80s para el sentido de sur a norte. Este configuración junto con la implementación de un tercer carril, descrito en el Capítulo III, mostró un gran desempeño en la fluidez vehicular reduciendo las demoras y disminuyendo los grados de saturación.

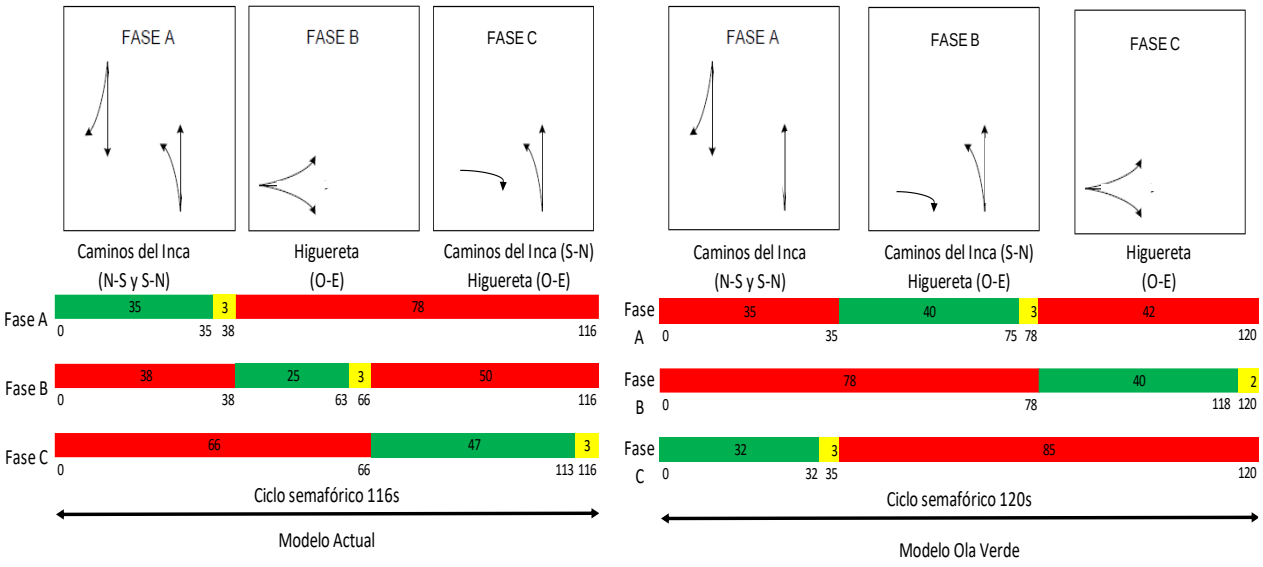


Figura 4-7: Intersección N° 03 Ciclos Semafóricos
Fuente: Elaboración propia 2018

4.2.4 Intersección N° 04 Caminos del Inca con Cádiz

Esta última intersección fue la que sufrió mayores cambios en la configuración semafórica. Se puede observar en la Figura 4-8 que su ciclo inicial fue de 116s y en el modelo optimizado se redujó a 60s. Asimismo, a la face A de Caminos del Inca, en sentido norte a sur, se le restringió el giro a la izquierda. Y por último, se

le dio bastante prioridad en la distribución del color verde a la Av. Principal (Caminos del Inca) con 42s y se le redujo al Jr. Cádiz (de dos carriles y un solo sentido) a 13s. En este único caso, en toda la línea de estudio, fue el acceso del Jr. Cádiz quien no tuvo mejoras en sus indicadores, por el contrario su grado de saturación aumentó de 0.14 a 0.31; pero esto favoreció en mejorar el nivel de servicio y el nivel ICU de toda la intersección, así como, también, se optmiizó considerablemente la implementación de la ola verde.

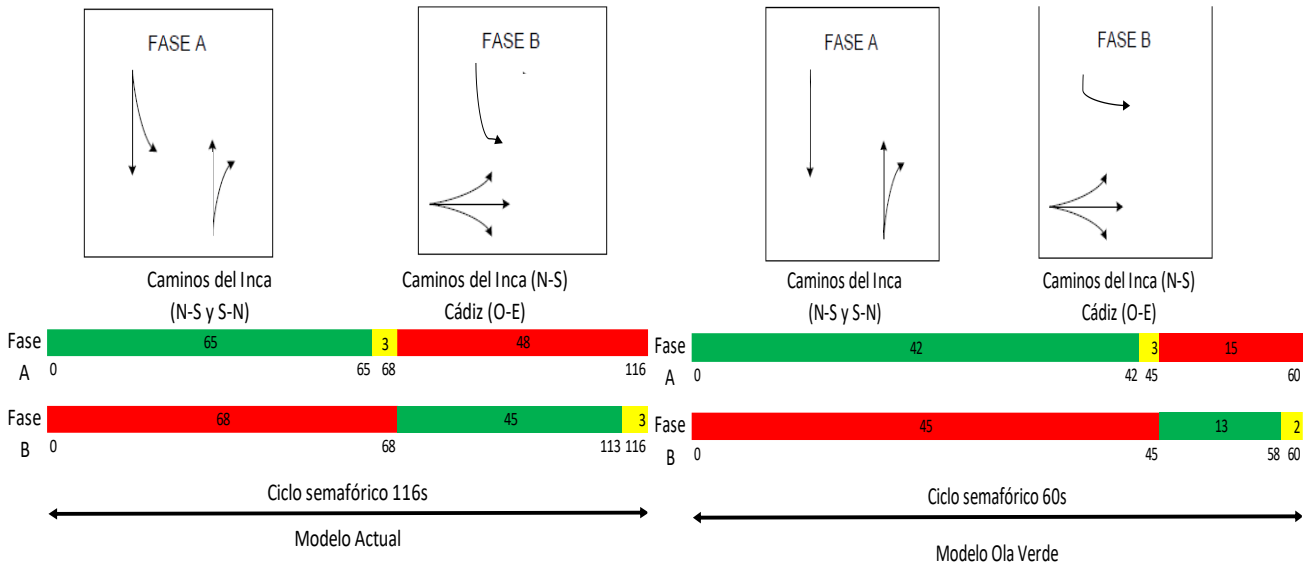


Figura 4-8: Intersección N° 04 Ciclos Semafóricos
Fuente: Elaboración propia 2018

4.3 DIAGRAMA TIEMPO ESPACIO DE OLA VERDE

Una vez realizadas todas las modificaciones y adaptaciones como las restricciones de los giros a la izquierda, la incorporación de un tercer carril, y los desvíos y canalizaciones de flujo vehicular, se procedió a realizar ajustes en el diagrama tiempo – espacio para optimizar la sincronización de los tiempos de verde de todo el sistema.

En la Figura 4-9 se muestra la solución gráfica para la sincronización de semáforos de las intersecciones estudiadas mediante el diagrama tiempo espacio generado por el software synchro. Para obtener un menor tiempo de viaje de extremo a extremo se debe tener como objetivo conseguir que las líneas de viaje no sean obstruidas por los intervalos de los tiempos en rojo, ya que estos ocasionan paradas y demoras, es por ello, que dichas líneas deben de ser modeladas lo más rectas posibles. En esta Figura 4-9 se aprecia que las longitudes progresivas del

punto N° 01, 02, 03 y 04 son 0m, 382.8m, 786.5 y 1056m respectivamente; y del punto N° 04, 03, 02 y 01 son 0m, 269.5m, 673.2 y 1056m respectivamente, según estas distancias se deben de sincronizar los tiempos de un semáforo a su sucesor y así consecutivamente.

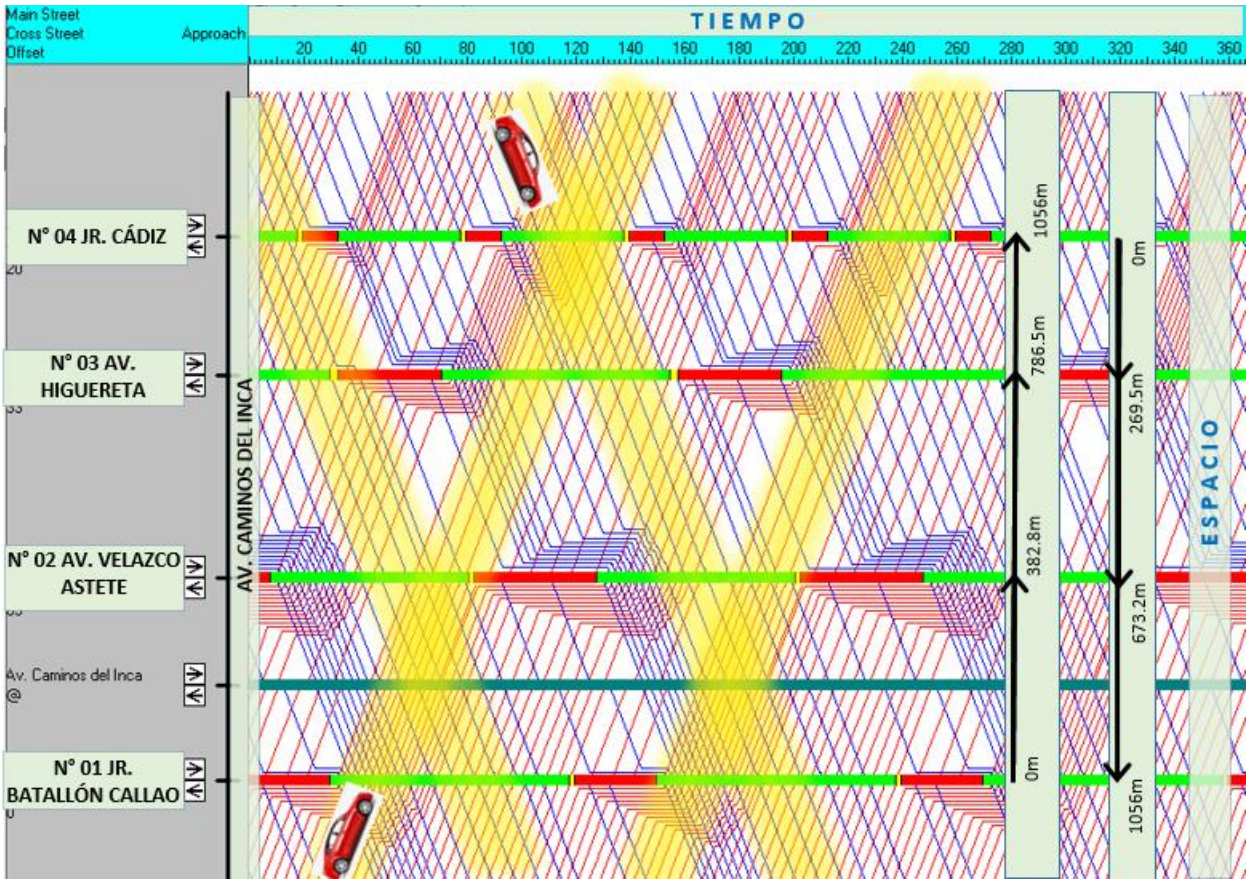


Figura 4-9: Diagrama Tiempo Espacio de la Ola Verde
Fuente: Elaboración propia 2018

En la figura 4-9 se muestran los ciclos semafóricos de las intersecciones N° 01, 02, 03 y 04 con valores de 120s, 120s, 120s y 60s respectivamente, que forman la Ola Verde del sistema la cual tendrá una repetición cíclica cada 120s. Asimismo, el tiempo de recorrido de un extremo a otro a una velocidad promedio de 40 Km/h tarda 1.5 minutos aproximados. Con estos resultados se obtiene un flujo vehicular óptimo para la Av. Caminos del Inca en el tramo de estudio.

5 CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Se concluye que la modificación geométrica de la vía caminos del Inca entre Velazco Astete e Higuereta, mejoró el flujo vehicular y disminuyó las demoras, esto debido a que, al incrementar un tercer carril exclusivo para girar a la izquierda en sentido de la Av. Higuereta, compartió volumen vehicular, haciendo más fluido los otros dos carriles existentes que van en sentido directo.

La modificación en la restricción de giro a la izquierda en la intersección N° 01 Batallón Callao y N° 02 Velazco Astete favoreció el flujo vehicular y disminuyó el grado de saturación, debido a que los vehículos que doblaban a la izquierda ocasionaban demoras a los vehículos posteriores.

Con la recopilación de datos en campo se pudo conocer la hora punta, el volumen vehicular que tiene cada intersección, y consecuentemente, se determinaron deficientes niveles de servicio; en la intersección Batallón Callao el nivel determinado fue C, en la intersección Velazco Astete fue F, en la Intersección Higuereta fue F y en la intersección Cádiz fue D.

Se concluyó que con la implementación de la ola verde, los niveles de servicio de las intersecciones tuvieron mejoraras, sin embargo, esta única intervención no fue suficiente; por ello, se eligió otras modificaciones que permitan aumentar una mayor fluidez al sistema como la eliminación de giros a la izquierda de alguna vías, la incorporación de un tercer carril, y el desvío y canalización, obteniéndose niveles de servicio más eficientes, en la intersección Batallón Callao el nivel optimizado fue de C a B; en la intersección Velazco Astete, de F a C; en la Intersección Higuereta, de F a B; y en la intersección Cádiz, de D a A.

Se determinó que con las implementaciones realizadas el tiempo de traslado de un extremo (Batallón Callao) al otro extremo (Cádiz) se redujo de 6 min a 1 minuto con 32 segundos en promedio.

A través de este trabajo se concluye que con las implementaciones realizadas se logra que los grados de saturación disminuyan apreciablemente, en la mayoría de los accesos de las intersecciones se obtuvieron buenos resultados tal es así que los cruces viales que reflejaron variaciones más favorables fueron el N° 02 Velasco

Astete en la vía principal de sur a norte con una variación de 1.33 a 0.74 y de norte a sur de 1.31 a 0.51; en la vía secundaria de oeste a este, de 3.45 a 0.92 y de este a oeste, de 2.14 a 0.95; el N° 03 Higuereta en la principal de sur a norte, de 2.60 a 0.70, de norte a sur, de 0.54 a 0.43 y en la vía secundaria de oeste a este, de 0.45 a 0.39; por otra parte, en la intersección N°01 Batallón Callao se redujeron en la vía principal de sur a norte de 0.75 a 0.74 y en el otro sentido de 0.70 a 0.39 pero la calle secundaría se mantuvieron en 0.57 de oeste a este y 0.90 de este a oeste.

Se concluyó que para el Jr. Cádiz el grado de saturación no se redujo, al contrario se incrementó de 0.14 a 0.31, esto debido a que se priorizo el tiempo de verde de Av. Principal (Caminos del Inca); Sin embargo esto no perjudicó los niveles de servicio.

Se concluye que las mejoras obtenidas en la circulación vehicular como parte de una operación optima en toda la vía de estudio están relacionadas a las disminuciones de las demoras, en la intersección N° 01, 02, 03 y 04 se redujeron de 20.1s a 16.7s, de 333.2s a 35.3s, de 239.9s a 11.4s y de 37s a 6.3s respectivamente.

5.2 RECOMENDACIONES

Es recomendable no exceder el ciclo semafórico de 120 segundos, ya que esto podría incrementar las demoras y generar incomodidad e impaciencia a los conductores provocando que estos cometan infracciones como pasarse la luz roja o dar uso a la bocina indebidamente.

Se recomienda hacer un estudio de flujo vehicular de las calles aledañas a la línea de estudio a fin de establecer mejores rutas alternas, esto debido a la restricción de los giros a la izquierda.

Se recomienda a la Municipalidad Metropolitana de Lima hacer un control más exhaustivo a las empresas de transporte que transiten en la zona de estudio. Es decir, no permitir que los buses y taxis hagan paradas en cualquier parte de la vía, ya que estos generan congestión vehicular.

Es recomendable verificar antes de prohibir los giros a la izquierda, que los flujos vehiculares sean mínimos y la fase de giro no obstruya la Ola Verde y no genere demoras considerables.

Se recomienda contar con estudios históricos previos de flujos vehiculares de la zona, para obtener un índice de crecimiento del volumen vehicular, esto nos ayudara a implementar medidas eficientes antes que el sistema colapse.

Se recomienda implementar, en las zonas de parqueo de la Av. Caminos del Inca, paraderos segregados para los buses a fin de disminuir la congestión vehicular y a la vez evitar que estos rompan la Ola Verde implementada en la vía.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1]. Comité Distrital de Seguridad Ciudadana (CODISEC-SURCO) (2015) Plan Distrital de Seguridad Ciudadana 2015. Lima

[2]. GESTION (2016) parque automotor del Perú subirá a 26 millones de vehículos en 2016 (Consulta: 15 de octubre 2018) http://gestion.pe/empresas/parque-automotor-peru-subira-26-millones-vehiculos2016-2163406

[3]. LA CAMARA LIMA (2018) Aumento continuo del parque automotor, un problema que urge solucionar, pp 24-25 (Consulta: 15 de octubre 2018) (https://www.camaralima.org.pe/repositorioaps/0/0/par/r816_3/comercio20exterior.pdf)

[4]. CAL Y MAYOR, R., Cárdenas, J. Ingeniería de Tránsito Fundamentos y Aplicaciones, 8va. Ed. México. Alfaomega. 2007.

[5]. SILVERA, Manuel (2018) Compilación de diapositivas de gestión y operación de vías urbanas y carreteras. Lima: UPC.

[6]. TORRES, Abraham y ALVARADO, Ricardo (2018) Análisis de flujo de saturación real en la intersección de av. Primavera con av. Encalada en la ciudad de Lima (tesis de Ingeniería). Lima: UPC.

[7]. NUÑEZ, Christian y VILLANUEVA, Cesar (2014) Solución Vial de la Av. Primavera comprendida entre las Avenidas La Encalada y José Nicolás Rodrigo, Lima-Lima-Surco (tesis de Ingeniería). Lima: UPC.

[8].

[9]. FERNANDEZ, Rodrigo (2008) Elementos de la teoría del tráfico vehicular. Santiago de Chile: Universidad de los Andes.

[10]. VERA LINO, F (2012) Aplicabilidad de las metodologías del HCM 2000 y 93ynchro 7.0 para analizar intersecciones semaforizadas en lima.(Lima).

[11]. VALDES GONZALEZ, Antonio (2008) Ingenieria de Tráfico (Mexico)

[12]. SYNCHRO STUDIO (2011). User Guide

[13]. Montoya, G. Apuntes de Ingeniería de Tránsito. Universidad Nacional de Ingeniería, Facultada de Ingeniería Civil, Perú, 2005

[14]. MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES. (2016). Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor en Calles y Carreteras

[15]. MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. (2011). Perfil de tránsito en las principales vías del área metropolitana de Lima y Callao: Flujos

vehiculares (años 2004 – 2009 – 2011), J. (1994) Ingeniería de Transito. Fundamentos y Aplicaciones pág. 172

[16]. PAPAGEORGIOU M.; Ben-Akiva M.; Bottom J.; Bovy P.; Hoogendoorn S.; Hounsell N; Kotsialos A. and McDonald M. (2007). "ITS and Traffic Management".Vol. 14.Handbooks in Operations Research and Management Science.Ch. 11, pp. 715–774.

[17]. RAMÍREZ Vélez, Gonzalo A. (2004). Análisis para la Determinación del Nivel de Servicio y Demora en las Intersecciones Viales Semaforizadas. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima-Perú, Facultad de Ingeniería Civil. [Fecha de acceso: Febrero del 2013]. Pp. 1-175.

[18]. https://pdfs.semanticscholar.org/4cad/f6a94d3fad23948c4020efddd9f2617e4a36.pdf

[19]. https://pdfs.semanticscholar.org/4cad/f6a94d3fad23948c4020efddd9f2617e4a36.pdf

[20]. MEZA, Kheyko (2017) Implementación de olas verdes para la reducción del nivel de congestionamiento desde el jirón Huancas hasta la avenida Huancavelica en la avenida Giráldez y Paseo la Breña (tesis de ingeniería). Huancayo: Universidad Continental.

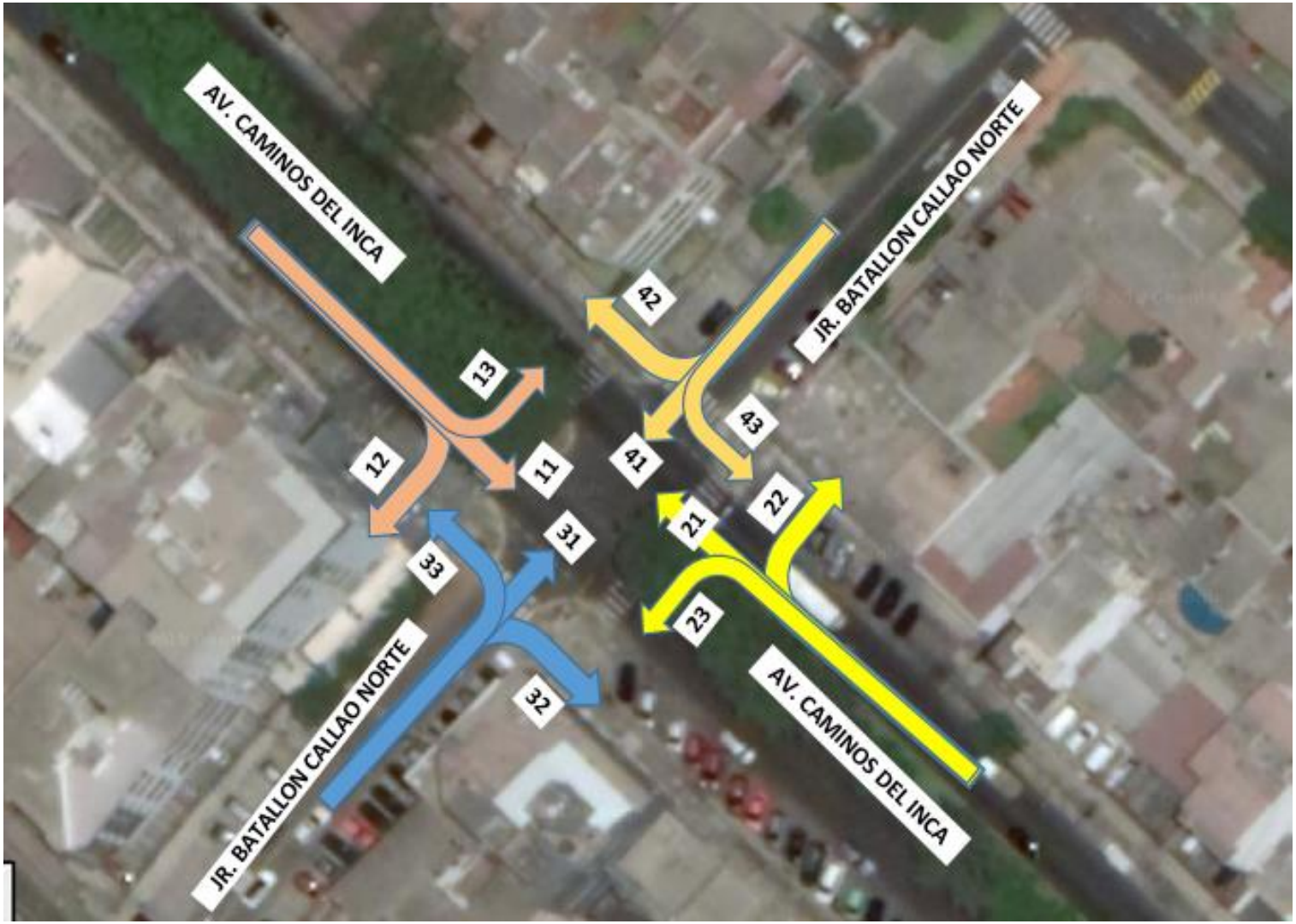
[21]. GONZALES, Diahanncarroll (2016) Propuesta de mejora de los niveles de servicio para mitigar la congestión vehicular en las intersecciones de la Av. Rafael Escardo comprendida entre las avenidas Costanera, La paz y La Libertad, Lima – San Miguel (tesis de ingeniería). Lima: UPC.

7 ANEXOS

I. ANEXO N° 1

HOJA DE AFORO DE LA INTERSECCIÓN N° 01 – AV. CAMINOS DEL INCA CON JR. BATALLÓN CALLAO

CODIFICACIÓN DE SENTIDOS DE FLUJO: AV. CAMINOS DEL INCA – CALLE BATALLON CALLAO



HOJA RESUMEN (APROXIMACION N-S)

INTERSECCION : AV. CAMINOS DEL INCA-JR. CA. BATALLON CALLAO
APROXIMACION :
DISTRITO : SANTIAGO DE SURCO

FECHA : 14/11/2018
DIA : MIERCOLES

HORAS DE	LIVIANO				PESADO				MICROS				C. RURAL.				CAMION				MOTOTAXI				CAMION + 2E				BUS INTERP.				TOTAL	ACCESOS	TOTAL X
CONTROL	11	12	13	14	11	12	13	14	11	12	13	14	11	12	13	14	11	12	13	14	11	12	13	14	11	12	13	14	11	12	13	14	1/4 HORA	1/4 HORA	HORA
6:00-6:15	51	17	0	0	0	1	0	0																									69	212	
6:15-6:30	63	19	1	0	3	0	0	0																									86	265	
6:30-6:45	104	14	1	0	3	0	0	0																									122	344	
6:45-7:00	120	21	3	0	5	1	0	0																									150	453	1274
7:00-7:15	146	34	9	0	9	2	0	0																									200	500	1562
7:15-7:30	152	21	14	0	11	1	0	0																									199	515	1812
7:30-7:45	163	21	16	0	11	2	0	0																									213	646	2114
7:45-8:00	155	24	23	0	9	3	0	0																									214	662	2323
8:00-8:15	166	22	19	0	9	2	0	0																									218	665	2488
8:15-8:30	162	19	24	0	12	2	0	0																									219	692	**2665**
8:30-8:45	122	23	20	0	11	0	0	0																									176	599	2618
8:45-9:00	131	19	19	0	10	2	0	0																									181	610	2566
9:00-9:15	130	14	14	0	11	1	0	0																									170	578	2479
9:15-9:30	122	11	15	0	7	2	0	0																									157	569	2356
9:30-9:45	127	15	20	0	7	1	0	0																									170	545	2302
9:45-10:00	132	14	15	0	9	1	0	0																									171	559	2251
10:00-10:15																																			1673
10:15-10:30																																			1104
10:30-10:45																																			559
10:45-11:00																																			
H.P A.M.	**646**	**86**	**82**	**0**	**41**	**9**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**2715**	**8414**	
H.P P.M.	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**			
H.P P.M.	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**			

F.H.P			
11	12	13	14
51	18	0	0
66	19	1	0
107	14	1	0
125	22	3	0
155	36	9	0
163	22	14	0
174	23	16	0
164	27	23	0
175	24	19	0
174	21	24	0
133	23	20	0
141	21	19	0
141	15	14	0
129	13	15	0
134	16	20	0
141	15	15	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
687	95	82	0

MAÑANA

	11	12	13	14
	687	95	82	0
x4	700	108	96	0
F.H.P.	0.98	0.88	0.85	0.00

TARDE

	11	12	13	14
	0	0	0	0
x4	0	0	0	0
F.H.P	0	0	0	0

NOCHE

	11	12	13	14
	0	0	0	0
x4	0	0	0	0
F.H.P.	0	0	0	0

HOJA RESUMEN (APROXIMACION S-N)

INTERSECCION : AV. CAMINOS DEL INCA-JR. CA. BATALLON CALLAO
APROXIMACION : 0
DISTRITO : SANTIAGO DE SURCO

FECHA : 14/11/2018
DIA : MIERCOLES

HORAS DE	LIVIANO				PESADO				MICROS				C. RURAL.				CAMION				MOTOTAXI				CAMION + 2E				BUS INTERP.				TOTAL	SUMA
CONTROL	21	22	23	24	21	22	23	24	21	22	23	24	21	22	23	24	21	22	23	24	21	22	23	24	21	22	23	24	21	22	23	24	1/4 HORA	HORARIA
6:00-6:15	99	3	0	0	14	0	0	0																									116	
6:15-6:30	109	9	0	0	22	0	0	0																									140	
6:30-6:45	138	7	0	0	29	0	0	0																									174	
6:45-7:00	187	14	0	0	39	0	0	0																									240	670
7:00-7:15	183	8	0	0	40	0	0	0																									231	785
7:15-7:30	201	14	0	0	39	0	0	0																									254	899
7:30-7:45	287	14	0	0	42	0	0	0																									343	1068
7:45-8:00	280	19	0	0	38	0	0	0																									337	1165
8:00-8:15	286	12	0	0	40	0	0	0																									338	1272
8:15-8:30	288	9	0	0	43	0	0	0																									340	1358
8:30-8:45	280	2	0	0	40	0	0	0																									322	1337
8:45-9:00	279	9	0	0	43	0	0	0																									331	1331
9:00-9:15	281	13	0	0	40	0	0	0																									334	1327
9:15-9:30	277	11	0	0	39	0	0	0																									327	1314
9:30-9:45	250	10	0	0	31	0	0	0																									291	1283
9:45-10:00	274	5	0	0	36	0	0	0																									315	1267
10:00-10:15																																	0	933
10:15-10:30																																	0	606
10:30-10:45																																	0	0
10:45-11:00																																	0	0
H.P A.M.	**1141**	**54**	**0**	**0**	**163**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**3763**	
H.P P.M.	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**		
H.P P.M.	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**		

F.H.P			
21	22	23	24
113	3	0	0
131	9	0	0
167	7	0	0
226	14	0	0
223	8	0	0
240	14	0	0
329	14	0	0
318	19	0	0
326	12	0	0
331	9	0	0
320	2	0	0
322	9	0	0
321	13	0	0
316	11	0	0
281	10	0	0
310	5	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
1304	54	0	0

MAÑANA

	21	22	23	24
	1304	54	0	0
x4	1324	76	0	0
F.H.P.	0.98	0.71	0.00	0.00

TARDE

	21	22	23	24
	0	0	0	0
x4	0	0	0	0
F.H.P	0	0	0	0

NOCHE

	21	22	23	24
	0	0	0	0
x4	0	0	0	0
F.H.P.	0	0	0	0

HOJA RESUMEN (APROXIMACION E-O)

INTERSECCION : **AV. CAMINOS DEL INCA-JR. CA. BATALLON CALLAO** **FECHA** **14/11/18**

APROXIMACION : **DIA** **MIERCOLES**

DISTRITO : **SANTIAGO DE SURCO**

HORAS DE	LIVIANO				PESADO				MICROS				C. RURAL.				CAMION				MOTOTAXI				CAMION + 2E				BUS INTERP.				TOTAL	SUMA
CONTROL	31	32	33	34	31	32	33	34	31	32	33	34	31	32	33	34	31	32	33	34	31	32	33	34	31	32	33	34	31	32	33	34	1/4 HORA	HORARIA
6:00-6:15	3	9			0	0																											12	
6:15-6:30	6	16			0	0																											22	
6:30-6:45	11	11			0	0																											22	
6:45-7:00	12	14			0	0																											26	82
7:00-7:15	16	19			0	0																											35	105
7:15-7:30	11	12			0	0																											23	106
7:30-7:45	22	15			1	0																											38	122
7:45-8:00	25	19			2	0																											46	142
8:00-8:15	20	22			0	0																											42	149
8:15-8:30	19	33			1	0																											53	179
8:30-8:45	17	23			0	0																											40	181
8:45-9:00	14	44			0	0																											58	193
9:00-9:15	16	12			1	0																											29	180
9:15-9:30	21	19			0	0																											40	167
9:30-9:45	22	17			0	0																											39	166
9:45-10:00	13	23			0	0																											36	144
10:00-10:15																																	0	115
10:15-10:30																																	0	75
10:30-10:45																																	0	36
10:45-11:00																																	0	0
H.P A.M.	**86**	**89**	**0**	**0**	**4**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**561**	
H.P P.M.	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**		
H.P P.M.	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**		

F.H.P			
31	32	33	34
3	9	0	0
6	16	0	0
11	11	0	0
12	14	0	0
16	19	0	0
11	12	0	0
23	15	0	0
27	19	0	0
20	22	0	0
20	33	0	0
17	23	0	0
14	44	0	0
17	12	0	0
21	19	0	0
22	17	0	0
13	23	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
90	89	0	0

MAÑANA

	31	32	33	34
	90	**89**	**0**	**0**
x4	**108**	**132**	**0**	**0**
F.H.P.	**0.83**	**0.67**	**0.00**	**0.00**

TARDE

	31	32	33	34
	0	**0**	**0**	**0**
x4	**0**	**0**	**0**	**0**
F.H.P	**0**	**0**	**0**	**0**

NOCHE

	31	32	33	34
	0	**0**	**0**	**0**
x4	**0**	**0**	**0**	**0**
F.H.P.	**0**	**0**	**0**	**0**

HOJA RESUMEN (APROXIMACION O-E)

INTERSECCION : **AV. CAMINOS DEL INCA-JR. CA. BATALLON CALLAO** **FECHA** **14/11/2018**

APROXIMACION : **DIA** **MIERCO**

DISTRITO : **SANTIAGO DE SURCO**

HORAS DE	LIVIANO				PESADO				MICROS				C. RURAL.				CAMION				MOTOTAXI				CAMION + 2E				BUS INTERP.				TOTAL	SUMA
CONTROL	41	42	43	44	41	42	43	44	41	42	43	44	41	42	43	44	41	42	43	44	41	42	43	44	41	42	43	44	41	42	43	44	1/4 HORA	HORARIA
6:00-6:15	0	15	0	0	0	0	0	0																									15	
6:15-6:30	4	13	0	0	0	0	0	0																									17	
6:30-6:45	7	19	0	0	0	0	0	0																									26	
6:45-7:00	15	22	0	0	0	0	0	0																									37	95
7:00-7:15	15	19	0	0	0	0	0	0																									34	114
7:15-7:30	13	26	0	0	0	0	0	0																									39	136
7:30-7:45	18	27	0	0	1	6	0	0																									52	162
7:45-8:00	22	35	0	0	1	7	0	0																									65	190
8:00-8:15	22	39	0	0	1	5	0	0																									67	223
8:15-8:30	33	42	0	0	2	3	0	0																									80	264
8:30-8:45	21	39	0	0	1	0	0	0																									61	273
8:45-9:00	17	22	0	0	0	1	0	0																									40	248
9:00-9:15	14	30	0	0	0	1	0	0																									45	226
9:15-9:30	16	28	0	0	1	0	0	0																									45	191
9:30-9:45	21	23	0	0	0	1	0	0																									45	175
9:45-10:00	12	25	0	0	0	0	0	0																									37	172
10:00-10:15																																		127
10:15-10:30																																		82
10:30-10:45																																		37
10:45-11:00																																		
H.P A.M	**95**	**143**	**0**	**0**	**5**	**21**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**705**	
H.P P.M	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**		
H.P P.M	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**		

F.H.P.			
41	42	43	44
0	15	0	0
4	13	0	0
7	19	0	0
15	22	0	0
15	19	0	0
13	26	0	0
19	33	0	0
23	42	0	0
23	44	0	0
35	45	0	0
22	39	0	0
17	23	0	0
14	31	0	0
17	28	0	0
21	24	0	0
12	25	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
100	164	0	0

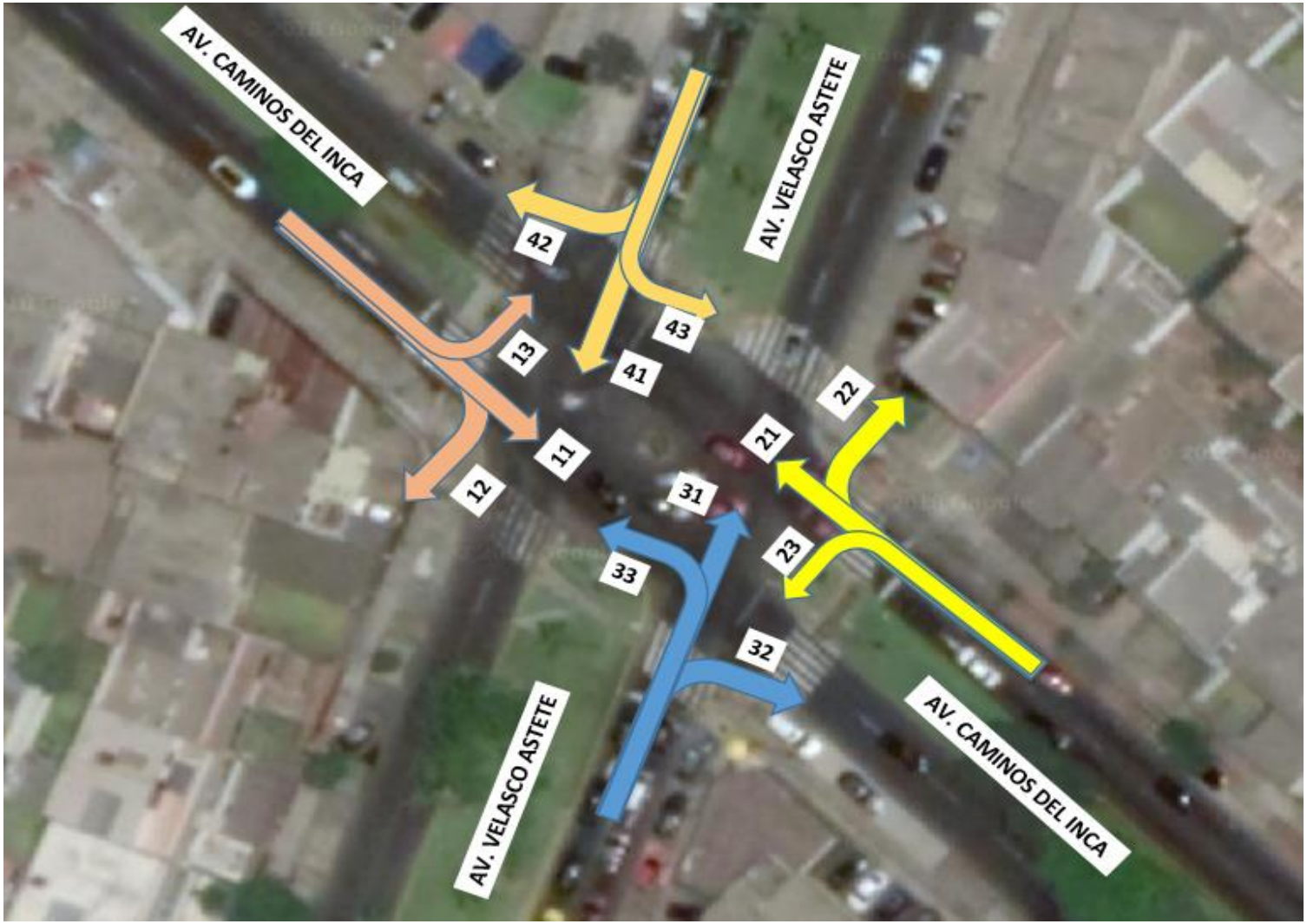
	MAÑANA				TARDE				NOCHE			
	41	42	43	44	41	42	43	44	41	42	43	44
	100	164	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
x4	140	180	0	0	x4 0	0	0	0	x4 0	0	0	0
F.H.P.	0.71	0.91	0.00	0.00	F.H.P 0	0	0	0	F.H.P 0	0	0	0

II. **ANEXO N° 2**

HOJA DE AFORO DE LA INTERSECCIÓN N° 2 –

Av. CAMINOS DEL INCA Y Av. VELASCO ASTETE

CODIFICACIÓN DE SENTIDOS DE FLUJO: AV. CAMINOS DEL INCA – AV VELASCO ASTETE



HOJA RESUMEN (APROXIMACION N-S)

INTERSECCION : AV. VELASCO ASTETE - AV. CAMINOS DEL INCA
APROXIMACION :
DISTRITO : SANTIAGO DE SURCO

FECHA : 14/11/2018
DIA : Miercoles

HORAS DE	LIVIANO				PESADO				MICROS				C. RURAL.				CAMION				MOTOTAXI				CAMION + 2E				BUS INTERP.				TOTAL	ACCESOS	TOTAL X
CONTROL	11	12	13	14	11	12	13	14	11	12	13	14	11	12	13	14	11	12	13	14	11	12	13	14	11	12	13	14	11	12	13	14	1/4 HORA	1/4 HORA	HORA
6:00-6:15	120	17	0	0	0	0	0	0																									137	380	
6:15-6:30	144	19	0	0	3	1	0	0																									167	167	
6:30-6:45	145	14	1	0	3	0	1	0																									164	686	
6:45-7:00	166	27	4	0	5	1	1	0																									204	892	2125
7:00-7:15	172	34	9	0	9	0	2	0																									226	987	2732
7:15-7:30	166	30	13	0	6	1	1	0																									217	1105	3670
7:30-7:45	165	35	21	0	14	0	1	0																									236	1358	4342
7:45-8:00	159	38	26	0	9	1	1	0																									234	1389	4839
8:00-8:15	165	35	20	0	13	0	2	0																									235	1384	5236
8:15-8:30	155	37	23	0	12	0	1	0																									228	1268	**5399**
8:30-8:45	143	36	20	0	11	0	1	0																									211	1065	5106
8:45-9:00	140	33	19	0	6	1	0	0																									199	1071	4788
9:00-9:15	130	35	13	0	3	0	0	0																									181	1050	4454
9:15-9:30	147	31	16	0	4	1	1	0																									200	1008	4194
9:30-9:45	127	27	21	0	4	2	1	0																									182	1055	4184
9:45-10:00	132	23	14	0	5	1	1	0																									176	976	4089
10:00-10:15																																			3039
10:15-10:30																																			2031
10:30-10:45																																			976
10:45-11:00																																			
H.P A.M.	**644**	**145**	**90**	**0**	**48**	**1**	**5**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**3197**		
H.P P.M.	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**			
H.P P.M.	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**			

F.H.P			
11	12	13	14
120	17	0	0
147	20	0	0
148	14	2	0
171	28	5	0
181	34	11	0
172	31	14	0
179	35	22	0
168	39	27	0
178	35	22	0
167	37	24	0
154	36	21	0
146	34	19	0
133	35	13	0
151	32	17	0
131	29	22	0
137	24	15	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
692	146	95	0

MAÑANA

	11	12	13	14
	692	146	95	0
x4	716	156	108	0
F.H.P.	0.97	0.94	0.88	0.00

TARDE

	11	12	13	14
	0	0	0	0
x4	0	0	0	0
F.H.P	0	0	0	0

NOCHE

	11	12	13	14
	0	0	0	0
x4	0	0	0	0
F.H.P.	0	0	0	0

HOJA RESUMEN (APROXIMACION S-N)

INTERSECCION : AV. VELASCO ASTETE - AV. CAMINOS DEL INCA
APROXIMACION : 0
DISTRITO : SANTIAGO DE SURCO

FECHA : 14/11/2018
DIA : Miercoles

HORAS DE	LIVIANO				PESADO				MICROS				C. RURAL.				CAMION				MOTOTAXI				CAMION + 2E				BUS INTERP.				TOTAL	SUMA
CONTROL	21	22	23	24	21	22	23	24	21	22	23	24	21	22	23	24	21	22	23	24	21	22	23	24	21	22	23	24	21	22	23	24	1/4 HORA	HORARIA
6:00-6:15	59	14	1	0	7	0	0	0																									81	
6:15-6:30	58	35	4	0	15	2	0	0																									114	
6:30-6:45	77	48	2	0	22	1	0	0																									150	
6:45-7:00	149	59	7	0	30	0	0	0																									245	590
7:00-7:15	173	41	8	0	30	1	0	0																									253	762
7:15-7:30	189	66	8	0	33	0	0	0																									296	944
7:30-7:45	222	92	9	0	41	7	0	0																									371	1165
7:45-8:00	218	103	7	0	37	5	0	0																									370	1290
8:00-8:15	215	101	5	0	39	6	0	0																									366	1403
8:15-8:30	210	94	8	0	42	7	0	0																									361	1468
8:30-8:45	183	59	4	0	21	5	0	0																									272	1369
8:45-9:00	179	55	8	0	21	1	0	0																									264	1263
9:00-9:15	197	61	8	0	17	6	0	0																									289	1186
9:15-9:30	188	44	4	0	19	1	0	0																									256	1081
9:30-9:45	193	59	6	0	15	4	0	0																									277	1086
9:45-10:00	172	60	4	0	12	0	0	0																									248	1070
10:00-10:15																																		781
10:15-10:30																																		525
10:30-10:45																																		248
10:45-11:00																																		
H.P A.M.	**865**	**390**	**29**	**0**	**159**	**25**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**4213**	
H.P P.M.	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**		
H.P P.M.	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**		

F.H.P			
21	22	23	24
66	14	1	0
73	37	4	0
99	49	2	0
179	59	7	0
203	42	8	0
222	66	8	0
263	99	9	0
255	108	7	0
254	107	5	0
252	101	8	0
204	64	4	0
200	56	8	0
214	67	8	0
207	45	4	0
208	63	6	0
184	60	4	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
1342	465	29	0

MAÑANA

	21	22	23	24
	1024	415	29	0
x4	1052	432	36	0
F.H.P.	0.97	0.96	0.81	0.00

TARDE

	21	22	23	24
	0	0	0	0
x4	0	0	0	0
F.H.P	0	0	0	0

NOCHE

	21	22	23	24
	0	0	0	0
x4	0	0	0	0
F.H.P.	0	0	0	0

HOJA RESUMEN (APROXIMACION E-O)

INTERSECCION : **AV. VELASCO ASTETE - AV. CAMINOS DEL INCA** **FECHA** **14/11/18**

APROXIMACION : **DIA** **Miercoles**

DISTRITO : **SANTIAGO DE SURCO**

HORAS DE	LIVIANO				PESADO				MICROS				C. RURAL.				CAMION				MOTOTAXI				CAMION + 2E				BUS INTERP.				TOTAL	SUMA
CONTROL	31	32	33	34	31	32	33	34	31	32	33	34	31	32	33	34	31	32	33	34	31	32	33	34	31	32	33	34	31	32	33	34	1/4 HORA	HORARIA
7:00-7:15	99	1	0	0	0	0	2	0																									102	
7:15-7:30	130	1	8	0	0	0	0	0																									139	
7:15-7:30	198	2	11	0	0	0	1	0																									212	
7:15-7:30	222	7	23	0	0	0	3	0																									255	
7:15-7:30	250	6	49	0	0	0	0	0																									305	
7:15-7:30	278	5	25	0	0	0	3	0																									311	
7:30-7:45	304	10	66	0	1	0	2	0																									383	
7:45-8:00	290	9	70	0	2	0	3	0																									374	2081
8:00-8:15	303	14	59	0	0	0	3	0																									379	1447
8:15-8:30	237	15	65	0	1	0	2	0																									320	1456
8:30-8:45	210	7	55	0	0	0	0	0																									272	1345
8:45-9:00	221	9	45	0	0	0	2	0																									277	1248
9:00-9:15	200	11	62	0	1	0	1	0																									275	1144
9:15-9:30	193	7	33	0	0	0	3	0																									236	1060
9:30-9:45	199	6	71	0	0	0	0	0																									276	1064
9:45-10:00	201	6	46	0	0	0	1	0																									254	1041
10:00-10:15																																		766
10:15-10:30																																		530
10:30-10:45																																		254
10:45-11:00																																		
H.P A.M.	**1134**	**48**	**260**	**0**	**4**	**0**	**10**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**4370**	
H.P P.M.	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**		**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**		
H.P P.M.	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**		**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**		

F.H.P			
31	32	33	34
99	1	2	0
130	1	8	0
198	2	12	0
222	7	26	0
250	6	49	0
278	5	28	0
305	10	68	0
292	9	73	0
303	14	62	0
238	15	67	0
210	7	55	0
221	9	47	0
201	11	63	0
193	7	36	0
199	6	71	0
201	6	47	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
1138	48	270	0

MAÑANA

	31	32	33	34
	1138	48	270	0
x4	1220	60	292	0
F.H.P.	0.93	0.80	0.92	0.00

TARDE

	31	32	33	34
	0	0	0	0
x4	0	0	0	0
F.H.P	0	0	0	0

NOCHE

	31	32	33	34
	0	0	0	0
x4	0	0	0	0
F.H.P.	0	0	0	0

HOJA RESUMEN (APROXIMACION O-E)

INTERSECCION : AV. VELASCO ASTETE - AV. CAMINOS DEL INCA — **FECHA** 14/11/2018

APROXIMACION :

DISTRITO : SANTIAGO DE SURCO — **DIA** Miercoles

HORAS DE	LIVIANO				PESADO				MICROS				C. RURAL.				CAMION				MOTOTAXI				CAMION + 2E				BUS INTERP.				TOTAL	SUMA
CONTROL	41	42	43	44	41	42	43	44	41	42	43	44	41	42	43	44	41	42	43	44	41	42	43	44	41	42	43	44	41	42	43	44	1/4 HORA	HORARIA
6:00-6:15	45	15	0	0	0	0	0	0																									60	
6:15-6:30	33	49	0	0	0	2	0	0																									84	
6:30-6:45	79	78	0	0	0	3	0	0																									160	
6:45-7:00	122	64	1	0	0	1	0	0																									188	492
7:00-7:15	100	84	17	0	0	2	0	0																									203	635
7:15-7:30	136	122	20	0	0	3	0	0																									281	832
7:30-7:45	207	129	26	0	1	4	1	0																									368	1040
7:45-8:00	240	138	29	0	1	3	0	0																									411	1263
8:00-8:15	232	136	31	0	1	4	0	0																									404	1464
8:15-8:30	199	127	27	0	2	3	1	0																									359	1542
8:30-8:45	170	119	20	0	1	0	0	0																									310	1484
8:45-9:00	186	121	21	0	0	3	0	0																									331	1404
9:00-9:15	173	112	19	0	0	1	0	0																									305	1305
9:15-9:30	197	101	14	0	1	3	0	0																									316	1262
9:30-9:45	201	99	19	0	0	1	0	0																									320	1272
9:45-10:00	173	104	21	0	0	0	0	0																									298	1239
10:00-10:15																																		934
10:15-10:30																																		618
10:30-10:45																																		298
10:45-11:00																																		
H.P A.M	**878**	**530**	**113**	**0**	**5**	**14**	**2**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**4398**	
H.P P.M	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**		
H.P P.M	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**		

F.H.P.			
41	42	43	44
45	15	0	0
33	51	0	0
79	81	0	0
122	65	1	0
100	86	17	0
136	125	20	0
208	133	27	0
241	141	29	0
233	140	31	0
201	130	28	0
171	119	20	0
186	124	21	0
173	113	19	0
198	104	14	0
201	100	19	0
173	104	21	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
883	544	115	0

	MAÑANA			
	41	42	43	44
	883	544	115	0
x4	964	564	124	0
F.H.P.	0.92	0.96	0.93	0.00

	TARDE			
	41	42	43	44
	0	0	0	0
x4	0	0	0	0
F.H.P.	0	0	0	0

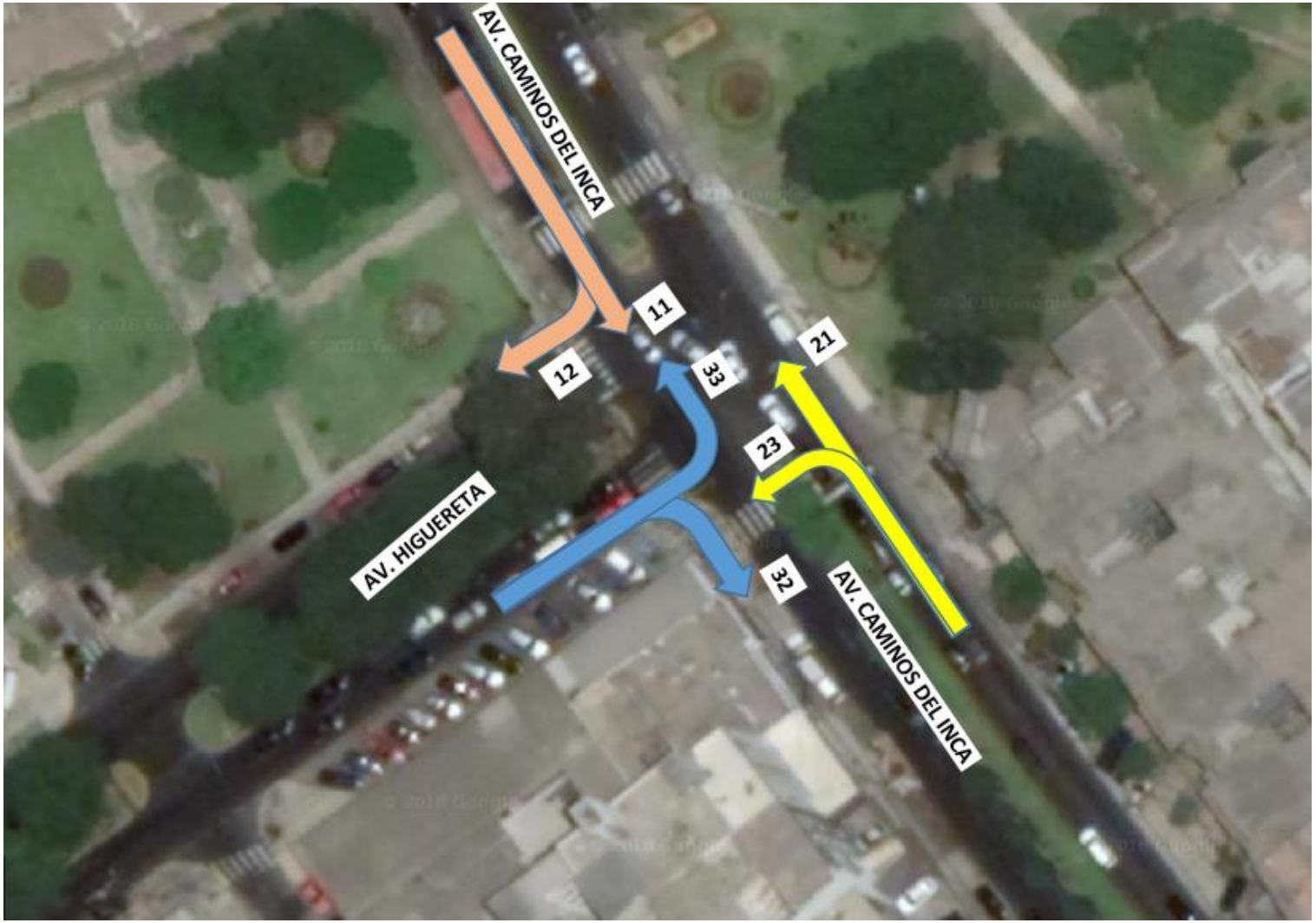
	NOCHE			
	41	42	43	44
	0	0	0	0
x4	0	0	0	0
F.H.P.	0	0	0	0

III. **ANEXO N° 3**

HOJA DE AFORO DE LA INTERSECCIÓN N° 3 –

Av. CAMINOS DEL INCA Y Av. HIGUERETA

CODIFICACIÓN DE SENTIDOS DE FLUJO: AV. CAMINOS DEL INCA – AV. HIGUERETA



HOJA RESUMEN (APROXIMACION N-S)

INTERSECCION : AV. CAMINOS DEL INCA-AV. HIGUERETA
APROXIMACION :
DISTRITO : SANTIAGO DE SURCO

FECHA : 14/11/2018
DIA : MIERCOLES

HORAS DE	LIVIANO				PESADO				MICROS				C. RURAL.				CAMION				MOTOTAXI				CAMION + 2E				BUS INTERP.				TOTAL	ACCESOS	TOTAL X
CONTROL	11	12	13	14	11	12	13	14	11	12	13	14	11	12	13	14	11	12	13	14	11	12	13	14	11	12	13	14	11	12	13	14	1/4 HORA	1/4 HORA	HORA
6:00-6:15	70	7		0	7	0		0																									84	422	
7:15-7:30	99	15		0	3	1		0																									118	523	
7:15-7:30	112	11		0	4	0		0																									127	532	
7:15-7:30	123	16		0	7	1		0																									147	587	2064
7:15-7:30	137	24		0	11	0		0																									172	663	2305
7:15-7:30	157	26		0	9	2		0																									194	721	2503
7:30-7:45	162	29		0	7	0		0																									198	809	2780
7:45-8:00	166	30		0	15	2		0																									213	852	3045
8:00-8:15	160	33		0	19	0		0																									212	876	3258
8:15-8:30	167	28		0	7	1		0																									203	820	**3357**
8:30-8:45	160	22		0	6	0		0																									188	801	3349
8:45-9:00	160	29		0	14	1		0																									204	805	3302
9:00-9:15	159	21		0	7	3		0																									190	789	3215
9:15-9:30	149	19		0	11	0		0																									179	792	3187
9:30-9:45	157	23		0	8	1		0																									189	758	3144
9:45-10:00	149	33		0	16	0		0																									198	790	3129
10:00-10:15	155	29		0	9	1		0																									194	194	2534
10:15-10:30																																	0	0	1742
10:30-10:45																																	0	0	984
10:45-11:00																																	0	0	194
11:00-11:15																																	0	0	0
H.P A.M.	**655**	**120**	**0**	**0**	**48**	**3**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**3010**	**11734**	
H.P P.M.	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**			
H.P P.M.	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**			

F.H.P			
11	12	13	14
77	7	0	0
102	16	0	0
116	11	0	0
130	17	0	0
148	24	0	0
166	28	0	0
169	29	0	0
181	32	0	0
179	33	0	0
174	29	0	0
166	22	0	0
174	30	0	0
166	24	0	0
160	19	0	0
165	24	0	0
165	33	0	0
164	30	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
703	123	0	0

MAÑANA

	11	12	13	14
	703	123	0	0
x4	724	132	0	0
F.H.P.	0.97	0.93	0.00	0.00

TARDE

	11	12	13	14
	0	0	0	0
x4	0	0	0	0
F.H.P.	0	0	0	0

NOCHE

	11	12	13	14
	0	0	0	0
x4	0	0	0	0
F.H.P.	0	0	0	0

HOJA RESUMEN (APROXIMACION S-N)

INTERSECCION : AV. CAMINOS DEL INCA-AV. HIGUERETA
APROXIMACION : 0
DISTRITO : SANTIAGO DE SURCO

FECHA : 14/11/2018
DIA : MIERCOLES

HORAS DE	LIVIANO				PESADO				MICROS				C. RURAL.				CAMION				MOTOTAXI				CAMION + 2E				BUS INTERP.				TOTAL	SUMA
CONTROL	21	22	23	24	21	22	23	24	21	22	23	24	21	22	23	24	21	22	23	24	21	22	23	24	21	22	23	24	21	22	23	24	1/4 HORA	HORARIA
6:00-6:15	160		150	0	21		0	0																									331	
6:15-6:30	168		179	0	25		0	0																									372	
6:30-6:45	182		160	0	27		0	0																									369	
6:45-7:00	184		177	0	33		0	0																									394	1466
7:00-7:15	193		190	0	38		0	0																									421	1556
7:15-7:30	200		186	0	47		0	0																									433	1617
7:30-7:45	238		209	0	47		0	0																									494	1742
7:45-8:00	249		219	0	43		0	0																									511	1859
8:00-8:15	258		223	0	46		0	0																									527	1965
8:15-8:30	251		191	0	47		0	0																									489	2021
8:30-8:45	255		191	0	42		0	0																									488	2015
8:45-9:00	250		196	0	43		0	0																									489	1993
9:00-9:15	253		194	0	40		0	0																									487	1953
9:15-9:30	240		203	0	38		0	0																									481	1945
9:30-9:45	220		190	0	40		0	0																									450	1907
9:45-10:00	239		187	0	44		0	0																									470	1888
10:00-10:15																																	0	1401
10:15-10:30																																	0	920
10:30-10:45																																	0	470
10:45-11:00																																		
H.P A.M.	**996**	**0**	**842**	**0**	**183**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**5740**	
H.P P.M.	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**		
H.P P.M.	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**		

F.H.P			
21	22	23	24
181	0	150	0
193	0	179	0
209	0	160	0
217	0	177	0
231	0	190	0
247	0	186	0
285	0	209	0
292	0	219	0
304	0	223	0
298	0	191	0
297	0	191	0
293	0	196	0
293	0	194	0
278	0	203	0
260	0	190	0
283	0	187	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
1179	0	842	0

MAÑANA

	21	22	23	24
	1179	0	842	0
x4	1216	0	892	0
F.H.P.	0.97	0.00	0.94	0.00

TARDE

	21	22	23	24
	0	0	0	0
x4	0	0	0	0
F.H.P.	0	0	0	0

NOCHE

	21	22	23	24
	0	0	0	0
x4	0	0	0	0
F.H.P.	0	0	0	0

HOJA RESUMEN (APROXIMACION E-O)

INTERSECCION : **AV. CAMINOS DEL INCA-AV. HIGUERETA** **FECHA** **14/11/18**

APROXIMACION : **DIA** **MIERCOLES**

DISTRITO : **SANTIAGO DE SURCO**

HORAS DE	LIVIANO				PESADO				MICROS				C. RURAL.				CAMION				MOTOTAXI				CAMION + 2E				BUS INTERP.				TOTAL	SUMA
CONTROL	31	32	33	34	31	32	33	34	31	32	33	34	31	32	33	34	31	32	33	34	31	32	33	34	31	32	33	34	31	32	33	34	1/4 HORA	HORARIA
6:00-6:15	0	0	5			0	2																										7	
6:15-6:30	0	14	19			0	0																										33	
6:30-6:45	0	12	22			1	1																										36	
6:45-7:00	0	22	22			1	1																										46	122
7:00-7:15	0	35	34			1	0																										70	185
7:15-7:30	0	46	48			0	0																										94	246
7:30-7:45	0	59	57			1	0																										117	327
7:45-8:00	0	51	74			2	1																										128	409
8:00-8:15	0	64	70			2	1																										137	476
8:15-8:30	0	56	69			1	2																										128	510
8:30-8:45	0	55	68			1	1																										125	518
8:45-9:00	0	50	61			1	0																										112	502
9:00-9:15	0	45	67			0	0																										112	477
9:15-9:30	0	59	70			2	1																										132	481
9:30-9:45	0	52	65			1	1																										119	475
9:45-10:00	0	55	65			0	2																										122	485
10:00-10:15																																	0	373
10:15-10:30																																	0	241
10:30-10:45																																	0	122
10:45-11:00																																	0	0
H.P A.M.	**0**	**230**	**270**	**0**	**0**	**6**	**4**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**1518**	
H.P P.M.	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**		
H.P P.M.	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**		**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**		

F.H.P			
31	32	33	34
0	0	7	0
0	14	19	0
0	13	23	0
0	23	23	0
0	36	34	0
0	46	48	0
0	60	57	0
0	53	75	0
0	66	71	0
0	57	71	0
0	56	69	0
0	51	61	0
0	45	67	0
0	61	71	0
0	53	66	0
0	55	67	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	236	274	0

MAÑANA

	31	32	33	34
	0	236	274	0
x4	0	264	300	0
F.H.P.	0.00	0.89	0.91	0.00

TARDE

	31	32	33	34
	0	0	0	0
x4	0	0	0	0
F.H.P	0	0	0	0

NOCHE

	31	32	33	34
	0	0	0	0
x4	0	0	0	0
F.H.P.	0	0	0	0

IV. **ANEXO N° 4**

HOJA DE AFORO DE LA INTERSECCIÓN N° 4 –

Av. CAMINOS DEL INCA Y Av. HIGUERETA

CODIFICACIÓN DE SENTIDOS DE FLUJO: AV. CAMINOS DEL INCA – JR. EL CÁDIZ



HOJA RESUMEN (APROXIMACION N-S)

INTERSECCION : AV. CAMINOS DEL INCA-JR. CADIZ
APROXIMACION :
DISTRITO : SANTIAGO DE SURCO

FECHA : 14/11/2018
DIA : MIERCOLES

HORAS DE	LIVIANO				PESADO				MICROS				C. RURAL.				CAMION				MOTOTAXI				CAMION + 2E				BUS INTERP.				TOTAL	ACCESOS	TOTAL X
CONTROL	11	12	13	14	11	12	13	14	11	12	13	14	11	12	13	14	11	12	13	14	11	12	13	14	11	12	13	14	11	12	13	14	1/4 HORA	1/4 HORA	HORA
6:00-6:15	104	7	0		0	0																											111	238	
6:15-6:30	101	6	0		3	1																											111	313	
6:30-6:45	114	11	1		3	0																											129	355	
6:45-7:00	132	14	4		5	0																											155	414	1320
7:00-7:15	172	9	9		9	1																											200	505	1587
7:15-7:30	166	4	13		6	0																											189	511	1785
7:30-7:45	192	12	21		14	1																											240	595	2025
7:45-8:00	188	11	26		9	0																											234	576	2187
8:00-8:15	189	21	20		13	1																											244	615	2297
8:15-8:30	192	8	23		12	0																											235	611	**2397**
8:30-8:45	143	2	20		11	0																											176	500	2302
8:45-9:00	140	7	19		6	1																											173	502	2228
9:00-9:15	130	15	13		3	0																											161	494	2107
9:15-9:30	147	8	16		4	0																											175	489	1985
9:30-9:45	127	11	21		4	1																											164	437	1922
9:45-10:00	132	14	14		5	0																											165	476	1896
10:00-10:15																																	0	0	1402
10:15-10:30																																	0	0	913
10:30-10:45																																	0	0	476
10:45-11:00																																			
H.P A.M.	**761**	**52**	**90**	**0**	**48**	**2**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**2862**	**7631**	
H.P P.M.	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**			
H.P P.M.	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**			

F.H.P			
11	12	13	14
104	7	0	0
104	7	0	0
117	11	1	0
137	14	4	0
181	10	9	0
172	4	13	0
206	13	21	0
197	11	26	0
202	22	20	0
204	8	23	0
154	2	20	0
146	8	19	0
133	15	13	0
151	8	16	0
131	12	21	0
137	14	14	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
809	54	90	0

MAÑANA

	11	12	13	14
	809	54	90	0
x4	824	88	104	0
F.H.P.	0.98	0.61	0.87	NA

TARDE

	11	12	13	14
	0	0	0	0
x4	0	0	0	0
F.H.P.	0	0	0	0

NOCHE

	11	12	13	14
	0	0	0	0
x4	0	0	0	0
F.H.P.	0	0	0	0

HOJA RESUMEN (APROXIMACION S-N)

INTERSECCION : AV. CAMINOS DEL INCA-JR. CADIZ **FECHA : 14/11/2018**

APROXIMACION : 0 **DIA : MIERCOLES**

DISTRITO : SANTIAGO DE SURCO

HORAS DE	LIVIANO				PESADO				MICROS				C. RURAL.				CAMION				MOTOTAXI				CAMION + 2E				BUS INTERP.				TOTAL	SUMA
CONTROL	21	22	23	24	21	22	23	24	21	22	23	24	21	22	23	24	21	22	23	24	21	22	23	24	21	22	23	24	21	22	23	24	1/4 HORA	HORARIA
6:00-6:15	98	7	1		7	0																											113	
6:15-6:30	150	3	4		15	2																											174	
6:30-6:45	166	15	2		22	1																											206	
6:45-7:00	189	11	7		30	0																											237	730
7:00-7:15	226	7	8		30	1																											272	889
7:15-7:30	240	13	8		33	0																											294	1009
7:30-7:45	253	11	9		46	3																											322	1125
7:45-8:00	254	9	7		42	3																											315	1203
8:00-8:15	264	16	5		44	0																											329	1260
8:15-8:30	263	13	8		47	2																											333	1299
8:30-8:45	260	11	4		21	0																											296	1273
8:45-9:00	259	9	8		21	1																											298	1256
9:00-9:15	261	7	8		17	3																											296	1223
9:15-9:30	254	11	4		19	1																											289	1179
9:30-9:45	222	6	6		15	2																											251	1134
9:45-10:00	251	11	4		12	0																											278	1114
10:00-10:15																																	0	818
10:15-10:30																																	0	529
10:30-10:45																																	0	278
10:45-11:00																																		
H.P A.M.	**1034**	**49**	**29**	**0**	**179**	**8**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**3573**	
H.P P.M.	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**		
H.P P.M.	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**		

F.H.P			
21	22	23	24
105	7	1	0
165	5	4	0
188	16	2	0
219	11	7	0
256	8	8	0
273	13	8	0
299	14	9	0
296	12	7	0
308	16	5	0
310	15	8	0
281	11	4	0
280	10	8	0
278	10	8	0
273	12	4	0
237	8	6	0
263	11	4	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
1213	57	29	0

MAÑANA

	21	22	23	24
	1213	57	29	0
x4	1240	64	36	0
F.H.P.	0.98	0.89	0.81	NA

TARDE

	21	22	23	24
	0	0	0	0
x4	0	0	0	0
F.H.P	0	0	0	0

NOCHE

	21	22	23	24
	0	0	0	0
x4	0	0	0	0
F.H.P.	0	0	0	0

HOJA RESUMEN (APROXIMACION O-E)

INTERSECCION : **AV. CAMINOS DEL INCA-JR. CADIZ** **FECHA** **14/11/2018**

APROXIMACION : **DIA** **MIERCOLES**

DISTRITO : **SANTIAGO DE SURCO**

HORAS DE	LIVIANO				PESADO				MICROS				C. RURAL.				CAMION				MOTOTAXI				CAMION + 2E				BUS INTERP.				TOTAL	SUMA
CONTROL	41	42	43	44	41	42	43	44	41	42	43	44	41	42	43	44	41	42	43	44	41	42	43	44	41	42	43	44	41	42	43	44	1/4 HORA	HORARIA
6:00-6:15	12	1	1		0	0	0																										14	
6:15-6:30	22	1	2		1	2	0																										28	
6:30-6:45	15	2	3		0	0	0																										20	
6:45-7:00	13	7	1		0	1	0																										22	84
7:00-7:15	22	6	3		1	0	1																										33	103
7:15-7:30	18	5	1		0	4	0																										28	103
7:30-7:45	13	10	5		1	3	1																										33	116
7:45-8:00	11	9	3		2	2	0																										27	121
8:00-8:15	17	14	4		0	5	2																										42	130
8:15-8:30	21	15	2		1	4	0																										43	145
8:30-8:45	19	7	1		0	0	1																										28	140
8:45-9:00	18	9	3		0	1	0																										31	144
9:00-9:15	15	11	6		1	3	1																										37	139
9:15-9:30	17	7	1		0	0	0																										25	121
9:30-9:45	11	6	2		1	1	1																										22	115
9:45-10:00	19	6	5		0	3	0																										33	117
10:00-10:15																																	0	80
10:15-10:30																																	0	55
10:30-10:45																																	0	33
10:45-11:00																																	0	0
H.P A.M	**62**	**48**	**14**	**0**	**4**	**14**	**3**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**466**	
H.P P.M	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**		
H.P P.M	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**		

F.H.P.			
41	42	43	44
12	1	1	0
23	3	2	0
15	2	3	0
13	8	1	0
23	6	4	0
18	9	1	0
14	13	6	0
13	11	3	0
17	19	6	0
22	19	2	0
19	7	2	0
18	10	3	0
16	14	7	0
17	7	1	0
12	7	3	0
19	9	5	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
66	62	17	0

MAÑANA

	41	42	43	44
	66	62	17	0
x4	88	76	24	0
F.H.P.	0.75	0.82	0.71	NA

TARDE

	41	42	43	44
	0	0	0	0
x4	0	0	0	0
F.H.P	0	0	0	0

NOCHE

	41	42	43	44
	0	0	0	0
x4	0	0	0	0
F.H.P	0	0	0	0

V. ANEXO N° 5

FACTOR DE HORA PUNTA Y PORCENTAJE DE VEHÍCULOS MIXTOS POR ACCESO E INTERSECCIÓN

FACTOR DE HORA PUNTA: AV. CAMINOS DEL INCA – CALLE BATALLON CALLAO

TIPO DE VEHICULO	11	12	13	14	21	22	23	24	31	32	33	34	41	42	43	44	TOTAL	%
LIVIANO	646	86	82	0	1,141	54	0	0	86	89	0	0	95	143	0	0	2,422	91.19
PESADO	41	0	0	0	163	0	0	0	4	0	0	0	5	21	0	0	234	8.81
																	2,656	100.00

	11	12	13	14	21	22	23	24	31	32	33	34	41	42	43	44	TOTAL
TOTAL VEH.	687	86	82	0	1,304	54	0	0	90	89	0	0	100	164	0	0	2,656
UCP	769	86	82	0	1,630	54	0	0	98	89	0	0	110	206	0	0	3,124
F.H.P.	0.98	0.88	0.85	0.00	0.98	0.71	0.00	0.00	0.83	0.67	0.00	0.00	0.71	0.91	0.00	0.00	0.63

TIPO DE TRANSPORTE	11	12	13	14	21	22	23	24	31	32	33	34	41	42	43	44	TOTAL	%
TRANS. LIVIANO	646	86	82	0	1,141	54	0	0	86	89	0	0	95	143	0	0	2,422	91.19
TRANS. PESADO	41	0	0	0	163	0	0	0	4	0	0	0	5	21	0	0	234	8.81
																	2,656	100.00

TOTAL	687	86	82	0	1,304	54	0	0	90	89	0	0	100	164	0	0
%	25.87	3.24	3.09	0.00	49.10	2.03	0.00	0.00	3.39	3.35	0.00	0.00	3.77	6.17	0.00	0.00

% PARCIALES																
TRANS. LIVIANO	94.03	100.00	100.00	0.00	87.50	100.00	0.00	0.00	95.56	100.00	0.00	0.00	95.00	87.20	0.00	0.00
TRANS. PESADO	5.97	0.00	0.00	0.00	12.50	0.00	0.00	0.00	4.44	0.00	0.00	0.00	5.00	12.80	0.00	0.00

FACTOR DE HORA PUNTA: AV. CAMINOS DEL INCA – AV. VELAZCO ASTETE

TIPO DE VEHICULO	11	12	13	14	21	22	23	24	31	32	33	34	41	42	43	44	TOTAL	%
LIGERO	644	145	90	0	865	390	29	0	1,134	48	260	0	878	530	113	0	**5,126**	**94.94**
PESADO	48	1	5	0	159	25	0	0	4	0	10	0	5	14	2	0	**273**	**5.06**
																	5,399	**100.00**

	11	12	13	14	21	22	23	24	31	32	33	34	41	42	43	44	TOTAL
TOTAL VEH.	692	146	95	0	1,024	415	29	0	1,138	48	270	0	883	544	115	0	**5,399**
UCP	740	147	100	0	1,183	440	29	0	1,142	48	280	0	893	572	119	0	**5,693**
F.H.P.	0.97	0.94	0.88	0.00	0.97	0.96	0.81	0.00	0.93	0.80	0.92	0.00	0.92	0.96	0.93	0.00	**0.92**

TIPO DE TRANSPORTE	11	12	13	14	21	22	23	24	31	32	33	34	41	42	43	44	TOTAL	%
TRANS. LIGERO.	644	145	90	0	865	390	29	0	1,134	48	260	0	878	530	113	0	**5,126**	**94.94**
TRANS. PES.	48	1	5	0	159	25	0	0	4	0	10	0	5	14	2	0	**273**	**5.06**
																	5,399	**100.00**

TOTAL	692	146	95	0	1,024	415	29	0	1,138	48	270	0	883	544	115	0
%	12.82	2.70	1.76	0.00	18.97	7.69	0.54	0.00	21.08	0.89	5.00	0.00	16.35	10.08	2.13	0.00

% PARCIALES																
TRANS. LIVIANO	93.06	99.32	94.74	0.00	84.47	93.98	100.00	0.00	99.65	100.00	96.30	0.00	99.43	97.43	98.26	0.00
TRANS. PESADO	6.94	0.68	5.26	0.00	15.53	6.02	0.00	0.00	0.35	0.00	3.70	0.00	0.57	2.57	1.74	0.00

FACTOR DE HORA PUNTA: AV. CAMINOS DEL INCA – AV. HIGUERETA

TIPO DE VEHICULO	11	12	13	14	21	22	23	24	31	32	33	34	41	42	43	44	TOTAL	%
LIVIANO	655	120	0	0	996	0	842	0	0	230	270	0	NA	NA	NA	NA	3,113	98.26
PESADO	48	3	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	NA	NA	NA	NA	55	1.74
																	3,168	100.00

	11	12	13	14	21	22	23	24	31	32	33	34	41	42	43	44	TOTAL
TOTAL VEH.	703	123	0	0	996	0	842	0	0	230	274	0	NA	NA	NA	NA	3,168
UCP	799	129	0	0	996	0	842	0	0	230	282	0	NA	NA	NA	NA	3,278
F.H.P.	0.97	0.93	0.00	0.00	0.97	0.00	0.94	0.00	0.00	0.89	0.91	0.00	NA	NA	NA	NA	0.47

TIPO DE TRANSPORTE	11	12	13	14	21	22	23	24	31	32	33	34	41	42	43	44	TOTAL	%
TRANS. LIVIANO.	655	120	0	0	996	0	842	0	0	230	270	0	NA	NA	NA	NA	3,113	98.26
TRANS. PESADO.	48	3	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	NA	NA	NA	NA	55	1.74
																	3,168	100.00

TOTAL	703	123	0	0	996	0	842	0	0	230	274	0	NA	NA	NA	NA
%	22.19	3.88	0.00	0.00	31.44	0.00	26.58	0.00	0.00	7.26	8.65	0.00	NA	NA	NA	NA

% PARCIALES																
TRANS. LIVIANO	93.17	97.56	NA	0.00	100.00	NA	100.00	0.00	NA	100.00	98.54	0.00	NA	NA	NA	NA
TRANS. PESADO	6.83	2.44	NA	0.00	0.00	NA	0.00	0.00	NA	0.00	1.46	0.00	NA	NA	NA	NA

FACTOR DE HORA PUNTA: AV. CAMINOS DEL INCA – JR. CÁDIZ

TIPO DE VEHICULO	11	12	13	14	21	22	23	24	31	32	33	34	41	42	43	44	TOTAL	%
LIVIANO	761	52	90	0	1,034	49	29	0	0	0	0	0	62	48	14	0	2,139	89.24
PESADO	48	2	0	0	179	8	0	0	0	0	0	0	4	14	3	0	258	10.76
																	2,397	100.00

	11	12	13	14	21	22	23	24	31	32	33	34	41	42	43	44	TOTAL
TOTAL VEH.	809	54	90	0	1,213	57	29	0	0	0	0	0	66	62	17	0	2,397
UCP	905	58	90	0	1,571	73	29	0	0	0	0	0	74	90	23	0	2,913
F.H.P.	0.98	0.61	0.87	0.00	0.98	0.89	0.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.82	0.71	0.00	0.62

TIPO DE TRANSPORTE	11	12	13	14	21	22	23	24	31	32	33	34	41	42	43	44	TOTAL	%
TRANS. LIVIANO	761	52	90	0	1,034	49	29	0	0	0	0	0	62	48	14	0	2,139	89.24
TRANS. PESADO	48	2	0	0	179	8	0	0	0	0	0	0	4	14	3	0	258	10.76
																	2,397	100.00

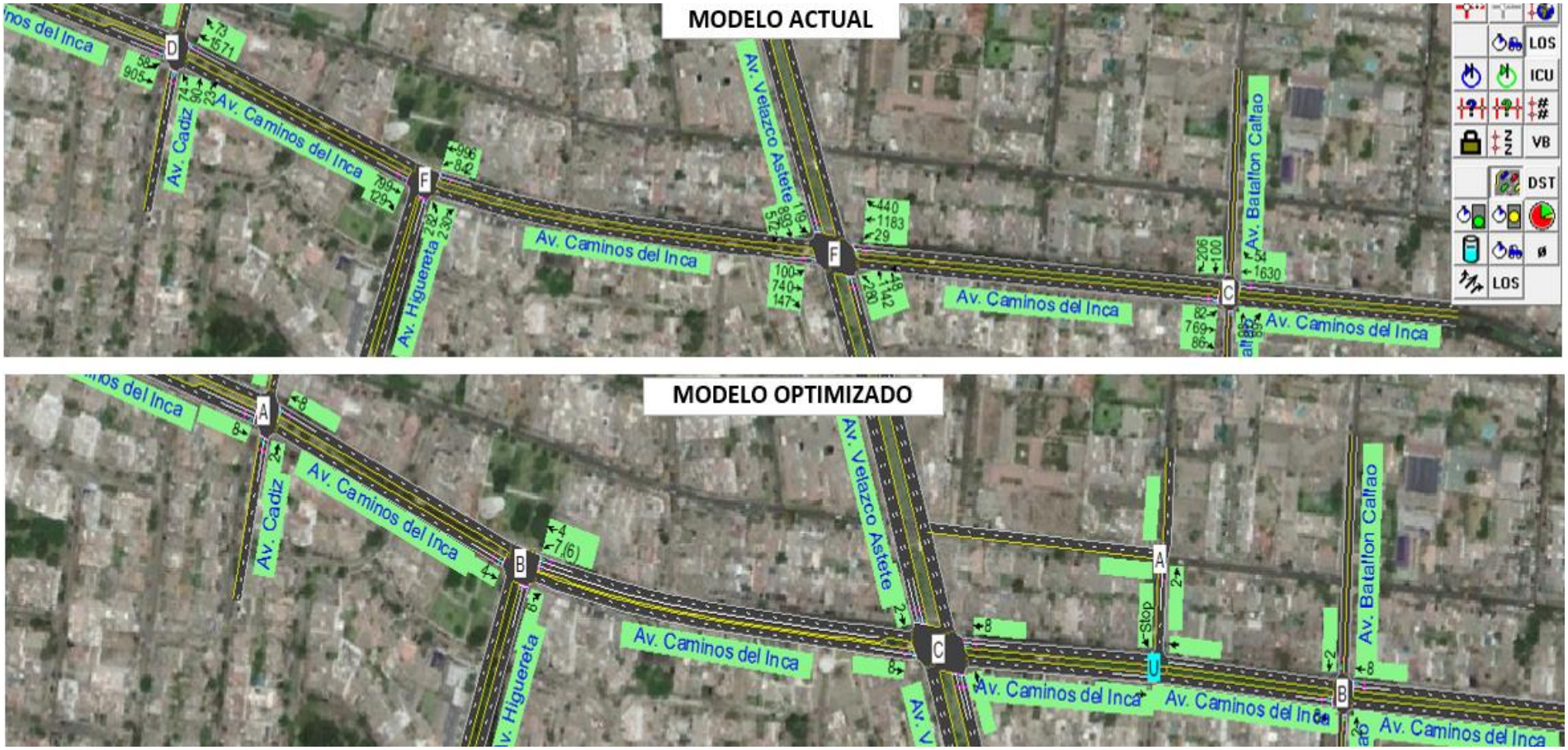
TOTALES	809	54	90	0	1,213	57	29	0	0	0	0	0	66	62	17	0
%	33.75	2.25	3.75	0.00	50.60	2.38	1.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.75	2.59	0.71	0.00

% PARCIALES																
TRANS. LIVIANO	94.07	96.30	100.00	NA	85.24	85.96	100.00	NA	NA	NA	NA	NA	93.94	77.42	82.35	NA
TRANS. PESADO	5.93	3.70	0.00	NA	14.76	14.04	0.00	NA	NA	NA	NA	NA	6.06	22.58	17.65	NA

VI. ANEXO N° 6

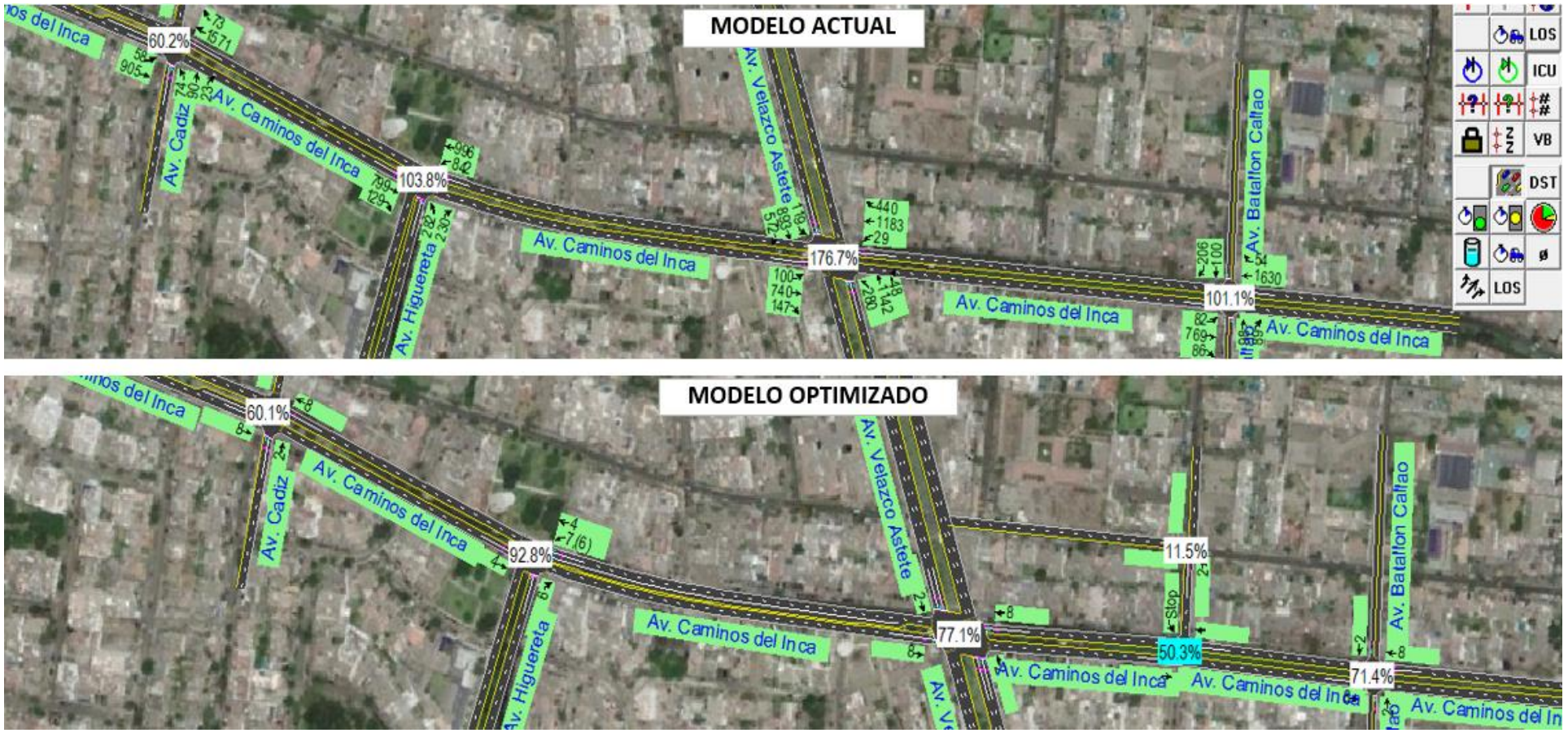
NIVEL DE SERVICIO, NIVELES ICU Y GRADO DE SATURACIÓN DE LAS INTERSECCIONES ESTUDIADAS.

NIVELES DE SERVCIO HCM



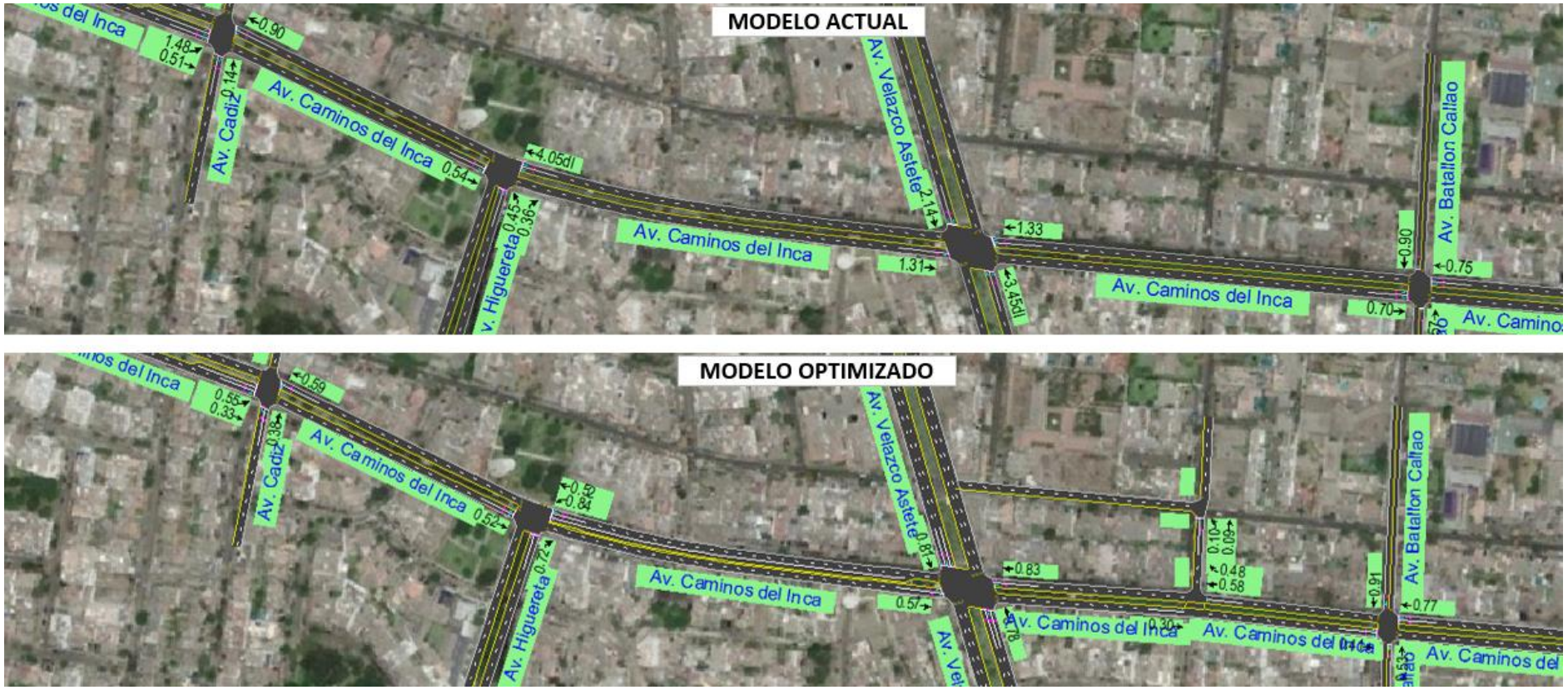
Niveles de Servicio HCM – Modelo Actual y Modelo Optimizado.
Fuente: Elaboración propia 2018.

NIVELES ICU (SYNCHRO 8.0)



Niveles ICU – Modelo Actual y Modelo Optimizado.
Fuente: Elaboración propia 2018.

GRADOS DE SATURACIÓN



Grados de Saturación – Modelo Actual y Modelo Optimizado.
Fuente: Elaboración propia 2018.

VII ANEXO N° 7

DIAGRAMAS DE TIEMPO ESPACIO DE MODELO ACTUAL Y MODELO OPTIMIZADO

DIAGRAMA TIEMPO ESPACIO A SIMULADO CON EL SYNCHRO 8.0

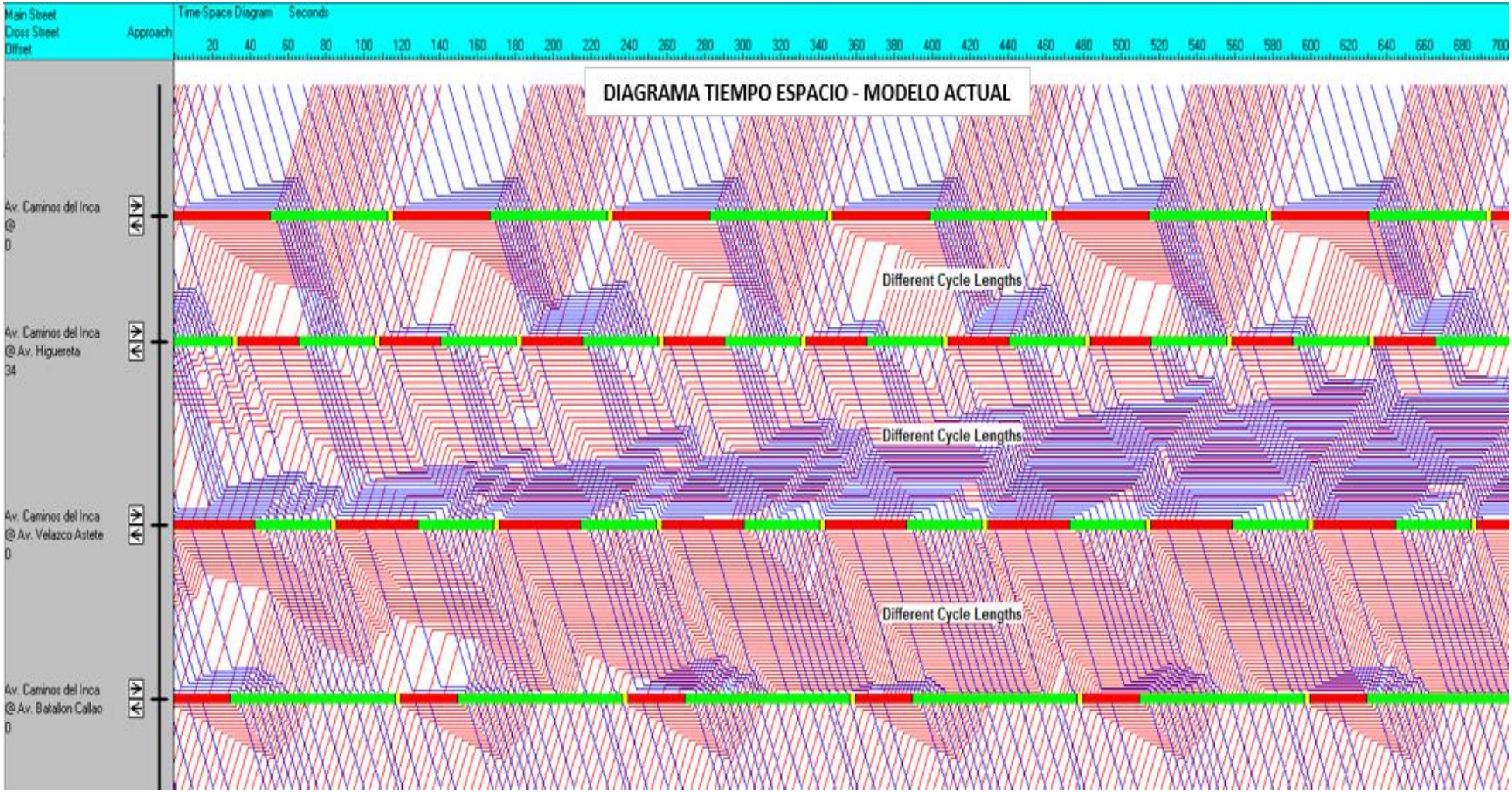


Diagrama Tiempo Espacio – Modelo Actual.
Fuente: Elaboración propia 2018.

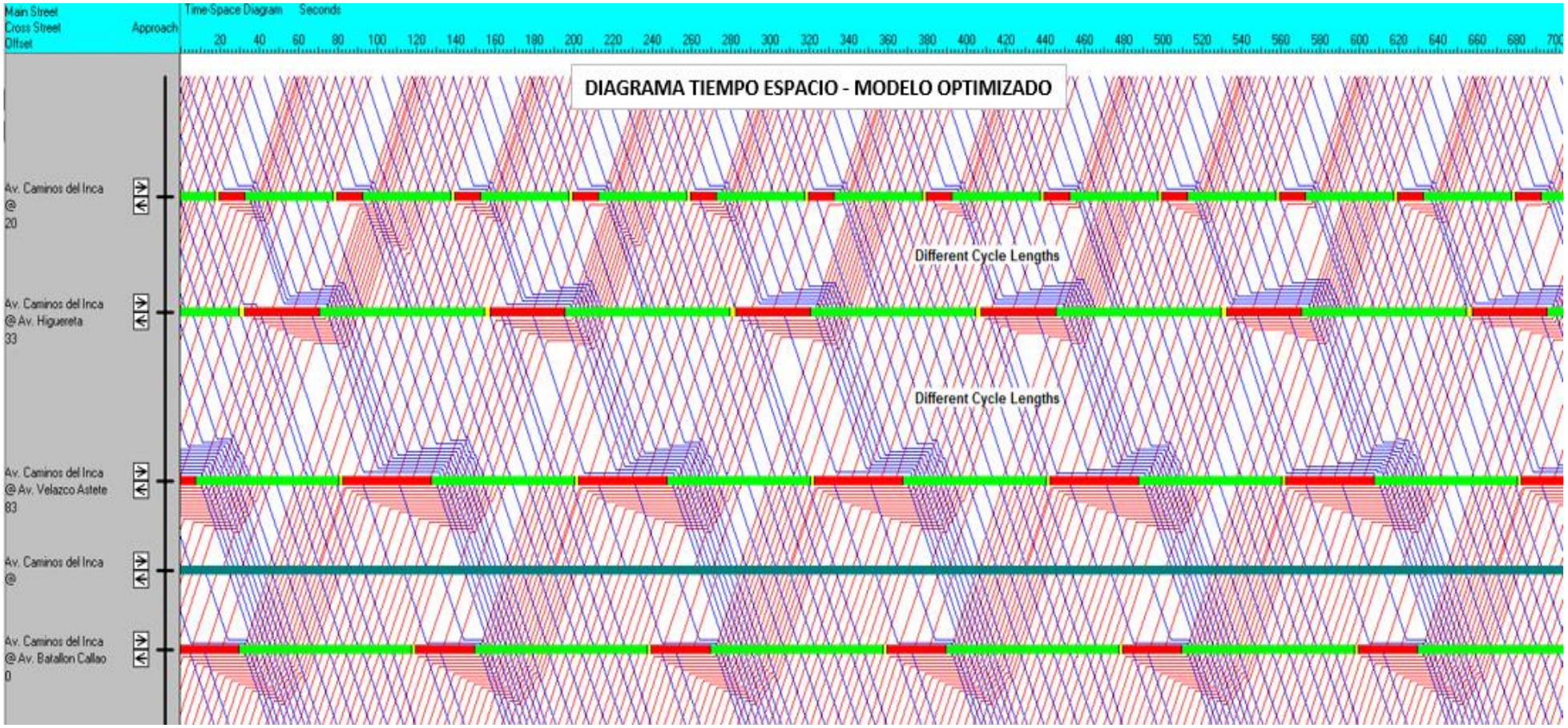


Diagrama Tiempo Espacio – Modelo Optimizado.
Fuente: Elaboración propia 2018.