

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSGRADO



UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

TESIS:

EVALUACIÓN DINÁMICA DEL ESTADO DE LOS CICLOS SEMAFÓRICOS EMPLEANDO MÉTODOS PROBABILÍSTICOS DE LA VÍA DE EVITAMIENTO, TRAMO: LA ROTONDA MUSICAL – INTERSECCIÓN CON EL JIRÓN ANGAMOS – CIUDAD DE CAJAMARCA, 2018

Para optar el Grado Académico de

MAESTRO EN CIENCIAS

MENCIÓN: INGENIERÍA CIVIL

Presentado por:

ARCAD ROQUE JULCA

Asesor:

M.Cs. SERGIO MANUEL HUAMÁN SANGAY

Cajamarca, Perú

2026



**Universidad
Nacional de
Cajamarca**
"Norte de la Universidad Peruana"



CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:

Arcad Roque Julca

DNI: 48446257

Escuela Profesional/Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería, Programa de Maestría en Ciencias, Mención: Ingeniería Civil

2. Asesor(a): M.Cs. Sergio Manuel Huamán Sangay

3. Grado académico o título profesional

Bachiller Título profesional Segunda especialidad

Maestro Doctor

4. Tipo de Investigación:

Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional

Trabajo académico

5. Título de Trabajo de Investigación:

EVALUACIÓN DINÁMICA DEL ESTADO DE LOS CICLOS SEMAFÓRICOS EMPLEANDO MÉTODOS PROBABILÍSTICOS DE LA VÍA DE EVITAMIENTO, TRAMO: LA ROTONDA MUSICAL – INTERSECCIÓN CON EL JIRÓN ANGAMOS – CIUDAD DE CAJAMARCA, 2018

6. Fecha de evaluación: 13/03/2026

7. Software antiplagio: TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)


8. Porcentaje de Informe de Similitud: 19%

9. Código Documento: 3117:567061689

10. Resultado de la Evaluación de Similitud:

APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 13/03/2026

<i>Firma y/o Sello Emisor Constancia</i>
 M.Cs. Sergio Manuel Huamán Sangay DNI: 26605019

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023

COPYRIGHT © 2026 by
ARCAD ROQUE JULCA
Todos los derechos reservados



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 080-2018-SUNEDU/CD
ESCUELA DE POSGRADO
CAJAMARCA – PERÚ





PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS


Siendo las 10:00... horas, del día 12 de marzo de dos mil veintiséis, reunidos en el Auditorio de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Jurado Evaluador presidido por el **DR. HERMES ROBERTO MOSQUEIRA RAMIREZ, M. EN I. JOSÉ BENJAMÍN TORRES TAFUR, M. CS. RONALD SALAS BERROSPI** y en calidad de Asesor el **M. CS. SERGIO MANUEL HUAMAN SANGAY**. Actuando de conformidad con el Reglamento Interno y el Reglamento de Tesis de Maestrías y Doctorados de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, se inició la Sustentación de la TESIS titulada: **“EVALUACIÓN DINÁMICA DEL ESTADO DE LOS CICLOS SEMAFÓRICOS EMPLEANDO MÉTODOS PROBABILÍSTICOS DE LA VÍA DE EVITAMIENTO, TRAMO: LA ROTONDA MUSICAL – INTERSECCIÓN CON EL JIRÓN ANGAMOS – CIUDAD DE CAJAMARCA, 2018”**, presentada por el Bachiller en Ingeniería Civil **ARCAD ROQUE JULCA**.


Realizada la exposición de la TESIS y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordó APROBAR..... con la calificación de 10 (DIECIOCHO) - EXCELENTE..... la mencionada TESIS; en tal virtud, el Bachiller en Ingeniería Civil, **ARCAD ROQUE JULCA**, se encuentra apto para recibir en ceremonia especial el Diploma que la acredita como **MAESTRO EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de **INGENIERÍA**, con mención en **INGENIERÍA CIVIL**.

Siendo las 11:00... horas del mismo día, se dio por concluido el acto.


.....
M. CS. SERGIO MANUEL HUAMAN SANGAY
Asesor


.....
DR. HERMES ROBERTO MOSQUEIRA RAMIREZ
Jurado Evaluador


.....
M. en I. JOSÉ BENJAMÍN TORRES TAFUR
Jurado Evaluador


.....
M. CS. RONALD SALAS BERROSPI
Jurado Evaluador

DEDICATORIA

A Dios

A Miriam, Lucas y Job

A mis padres Benito y Melchora

AGRADECIMIENTO

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

A mi amada esposa Miriam, por todo su amor.

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

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

INDICE

DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
INDICE	vii
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABLAS	xiii
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
CAPÍTULO I	1
1.1. Planteamiento del Problema	1
1.1.1. Contextualización	1
1.1.2. Descripción del Problema	3
1.2. Formulación del Problema	4
1.3. Justificación	5
1.3.1. Justificación teórica	5
1.3.2. Justificación Técnico – Práctica	5
1.3.3. Justificación Institucional y Personal	5
1.4. Delimitación de la Investigación	6
1.5. Objetivos	6
1.5.1. Objetivo General	6
1.5.2. Objetivos Específicos	6
CAPÍTULO II	7
2.1. Antecedentes de la Investigación o Marco Referencial	7
2.1.1. A Nivel Internacional	7
2.1.2. A Nivel Nacional	8
2.2. Marco Doctrinal	11
2.2.1. Sistemas de Tránsito Dinámicos	11
2.2.2. Clasificación De Los Semáforos	13
2.2.3. Mejoras al aplicar sistemas de semaforización inteligentes	14
2.3. Marco conceptual	16
2.1.1. Ingeniería de tránsito	16
2.1.2. Métodos de muestreo de aforo vehicular	16
2.1.3. Semaforización	17
2.1.4. Clasificación de los semáforos	18
2.1.5. Flujo vehicular	19
2.1.6. Velocidades	20

2.1.7.	Volúmenes.....	22
2.1.8.	Horario de máxima demanda vehicular	23
2.1.9.	Demanda ajustada.....	24
2.1.10.	Capacidad vial.....	24
2.1.11.	Cálculos de los tiempos del semáforo	26
2.1.12.	Flujo de saturación.....	34
2.1.13.	Concepto de capacidad vial	46
2.1.14.	Software de simulación de tráfico: Synchro.....	48
2.4.	Definición de términos básicos.....	55
CAPÍTULO III		60
3.1.	Hipótesis.....	60
3.1.1.	Hipótesis general.....	60
3.2.	Variable.....	60
3.2.1.	Variable dependiente	60
3.2.2.	Variable independiente	60
3.4.	Matriz de operacionalización de variables	61
CAPÍTULO IV		62
4.1.	Ubicación geográfica	62
4.2.	Población, muestra, unidades de análisis y unidades de observación	65
4.2.1.	Población.....	65
4.2.2.	Muestra	65
4.3.	Unidad de análisis	65
4.4.	Unidad de observación.....	66
4.5.	Métodos de investigación	66
4.6.	Tipo de investigación.....	66
4.7.	Diseño de investigación	66
4.8.	Técnicas e instrumentos de recopilación de datos	66
4.8.1.	Técnicas.....	66
4.8.2.	Instrumentos	67
4.9.	Técnicas de procesamiento y análisis de información	67
4.10.	Matriz de consistencia metodológica	68
CAPÍTULO V		69
5.1.	Presentación de resultados	69
5.1.1.	Aforos vehiculares	69
5.1.2.	Cálculo de flujos vehiculares.....	70
5.1.2.1.	Análisis de flujo vehicular: Intersección N° 1-Jr. Angamos	70
5.1.2.2.	Análisis de flujo vehicular: Intersección N° 2-Jr. Chanchamayo	73

5.1.2.3.	Análisis de flujo vehicular: Intersección N° 3-Jr. Miguel Iglesias	76
5.1.2.4.	Análisis de flujo vehicular: Intersección N° 4-Jr. Los Sauces	79
5.1.2.5.	Análisis de flujo vehicular: Intersección N° 5-Prol. Revilla Pérez	82
5.1.2.6.	Análisis de flujo vehicular: Intersección N° 6-Jr. Sta. Teresa de Jornet	86
5.1.2.7.	Análisis de flujo vehicular: Intersección N° 7-Av. Hoyos Rubio	89
5.1.2.8.	Análisis de flujo vehicular: Intersección N° 8-Jr. Zoilo León	92
5.1.2.9.	Análisis de flujo vehicular: Intersección N° 9-Jr. Ayacucho	95
5.1.2.10.	Análisis de flujo vehicular: Intersección N° 10-Jr. El Mutuy	98
5.1.2.11.	Análisis de flujo vehicular: Intersección N° 11-Av. Carlos Malpica	101
5.1.2.12.	Análisis de flujo vehicular: Intersección N° 12-Jr. El Inca	104
5.1.2.13.	Análisis de flujo vehicular: Intersección N° 12-Jr. El Inca	107
5.1.3.	Medición de los ciclos estáticos existentes	110
5.1.4.	Diseño de ciclo semafórico variable	111
5.1.5.	Cálculo de la capacidad vehicular empleando el software Synrho	113
5.1.5.1.	Capacidad vehicular para ciclo semafórico estático existente	113
5.1.5.2.	Capacidad vehicular para ciclo dinámico.	122
5.1.6.	Evaluación dinámica de la variación de la capacidad vehicular en una intersección aplicando y sin aplicar un ciclo semafórico dinámico	129
5.2.	Análisis, interpretación y discusión de resultados	144
5.3.	Contrastación de hipótesis	146
Conclusiones		147
Recomendaciones		150
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		151
APÉNDICES Y ANEXOS		156

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 <i>Contadores manuales para muestreo de aforos vehiculares</i>	17
Figura 2 <i>Ciclo semafórico de 2 fases</i>	26
Figura 3 Intervalo de cambio de fase.....	27
Figura 4 Modelo básico del flujo de saturación.....	31
Figura 5 Ubicación del Departamento, Provincia y Distrito de Cajamarca	62
Figura 6 Croquis de zona en estudio- Vía de evitamiento, Tramo: Rotonda musical a intersección con Jr. Angamos	63
Figura 7 Croquis de zona en estudio- Vía de evitamiento, Tramo: Rotonda musical a intersección con Jr. Angamos	64
Figura 8 Flujograma Aforo N° 1 – Intersección con Jr. Angamos	71
Figura 9	71
Figura 10 Flujograma Aforo N° 2 – Intersección con Jr. Chanchamayo.....	73
Figura 11 Composición vehicular de intersección con el Jr. Chanchamayo.....	74
Figura 12 Flujograma Aforo N° 3 – Intersección con Jr. Miguel Iglesias.	76
Figura 13 Composición vehicular de intersección con el Jr. Miguel Iglesias	78
Figura 14 Flujograma Aforo N° 4 – Intersección con Jr. Los Sauces.....	79
Figura 15 Composición vehicular de intersección con el Jr. Los Sauces	81
Figura 16 Flujograma Aforo N° 5 – Intersección con Prol. Revilla Pérez.....	82
Figura 17 Composición vehicular de intersección con la Prol. Revilla Pérez	85
Figura 18 Flujograma Aforo N° 6 – Intersección con Jr. Sta. Teresa de Jornet	86
Figura 19 Composición vehicular de intersección con el Jr. Sta. Teresa de Jornet.	88
Figura 20 Flujograma Aforo N° 7 – Intersección con Av. Hoyos Rubio	89
Figura 21 Composición vehicular de intersección con Av. Hoyos Rubio	91
Figura 22 Flujograma Aforo N° 8 – Intersección con Jr. Zoilo León.....	92
Figura 23 Composición vehicular de intersección con el Jr. Zoilo León	94
Figura 24. Flujograma Aforo N° 9 – Intersección con Jr. Ayacucho.....	95
Figura 25 Composición vehicular de intersección con el Jr. Ayacucho	97
Figura 26 Flujograma Aforo N° 10 – Intersección con Jr. El Mutuy	98
Figura 27 Composición vehicular de intersección con el Jr. El Mutuy	100
Figura 28. Flujograma Aforo N° 11 – Intersección con Av. Carlos Malpica	101
Figura 29 Composición vehicular de intersección con Av. Carlos Malpica.....	103
Figura 30. Flujograma Aforo N° 12 – Intersección con Jr. El Inca	104
Figura 31 Composición vehicular de intersección con el Jr. El Inca	106
Figura 32 Flujograma Aforo N° 13 – Intersección con Jr. Atahualpa	107

Figura 33	Composición vehicular de intersección con el Jr. Atahualpa	109
Figura 34	Software Synrho 8, imagen de la ciudad de Cajamarca importada	114
Figura 35	Software Synrho 8, geometría, aforos de una intersección	114
Figura 36	Capacidad vehicular para ciclo real intersección N°1 – Jr. Angamos	115
Figura 37	Capacidad vehicular para ciclo real intersección N°2 – Jr. Chanchamayo	116
Figura 38	Capacidad vehicular para ciclo real intersección N°3 – Jr. Miguel Iglesias	116
Figura 39	Capacidad vehicular para ciclo real intersección N°4 – Jr. Los Sauces.	117
Figura 40	Capacidad vehicular para ciclo real intersección N°5 – Prol. Revilla Pérez	117
Figura 41	Capacidad vehicular para ciclo real intersección N°6 – Jr. Sta. Teresa Journet	118
Figura 42	Capacidad vehicular para ciclo real intersección N°7 – Av. Hoyos Rubio	118
Figura 43	Capacidad vehicular para ciclo real intersección N°8 – Jr. Zoilo León...	119
Figura 44	Capacidad vehicular para ciclo real intersección N°9 – Jr. Ayacucho....	119
Figura 45	Capacidad vehicular para ciclo real intersección N°10 – Jr. El Mutuy....	120
Figura 46	Capacidad vehicular para ciclo real intersección N°11 – Av. Carlos Malpica	120
Figura 47	Capacidad vehicular para ciclo real intersección N°12 – Jr. El Inca.....	121
Figura 48	Capacidad vehicular para ciclo real intersección N°13 – Jr. Atahualpa .	121
Figura 49	Capacidad vehicular para intersección N°1 – Jr. Angamos,.....	123
Figura 50	Capacidad vehicular para intersección N°1 – Jr. Angamos,.....	123
Figura 51	Capacidad vehicular para intersección N°1 – Jr. Angamos,.....	124
Figura 52	Capacidad vehicular para intersección N°1 – Jr. Angamos,.....	124
Figura 53	Capacidad vehicular para intersección N°1 – Jr. Angamos,.....	125
Figura 54	Capacidad vehicular para intersección N°1 – Jr. Angamos,.....	125
Figura 55	Capacidad vehicular para intersección N°1 – Jr. Angamos,.....	126
Figura 56	Capacidad vehicular para intersección N°1 – Jr. Angamos,.....	126
Figura 57	Capacidad vehicular para intersección N°1 – Jr. Angamos,.....	127
Figura 58	Capacidad vehicular para intersección N°1 – Jr. Angamos,.....	127
Figura 59	Capacidad vehicular para intersección N°1 – Jr. Angamos,.....	128
Figura 60	Capacidad vehicular para intersección N°1 – Jr. Angamos,.....	128
Figura 59	Gráfica de capacidad vehicular – Intersección N° 1	130
Figura 62	Gráfica de capacidad vehicular - Intersección N° 2	131
Figura 63	Gráfica de capacidad vehicular - Intersección N° 3	132
Figura 64	Gráfica de capacidad vehicular - Intersección N° 4	133
Figura 65	Gráfica de capacidad vehicular - Intersección N° 5	134
Figura 66	Gráfica de capacidad vehicular - Intersección N° 6	135
Figura 67	Gráfica de capacidad vehicular - Intersección N° 7	136

Figura 68 Gráfica de capacidad vehicular - Intersección N° 8	137
Figura 69 Gráfica de capacidad vehicular - Intersección N° 9	138
Figura 70 Gráfica de capacidad vehicular - Intersección N° 10	139
Figura 71 Gráfica de capacidad vehicular - Intersección N° 11	140
Figura 72 Gráfica de capacidad vehicular - Intersección N° 12	141
Figura 73 Gráfica de capacidad vehicular - Intersección N° 13	142

LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Factores de equivalencia vehicular según Webster	29
Tabla 2	Cuadro de Factor de ajuste de ancho de carril	36
Tabla 3	Factor por giro a la izquierda y equivalente ADE sin flujo opuesto	39
Tabla 4	Factor de ADE (automóvil directo equivalente) con flujo opuesto	40
Tabla 5	Frt y Er equivalentes ADE para vehículos de giro a la derecha	40
Tabla 6	flpb (factor de peatones y bicicletas para grupos con giro a la izquierda) ...	46
Tabla 7	frpb (factor por peatones y bicicleta para grupos con giro a la derecha)	46
Tabla 8	Operacionalización de variables.....	61
Tabla 9	Coordenadas UTM para cada intersección estudiada.....	65
Tabla 10	Matriz de Consistencia Metodológica.....	68
Tabla 11	Tabla usada para aforar las intersecciones – Ejemplo de aforo.	69
Tabla 12	Aforos vehiculares N° 1 – Intersección con el Jr. Angamos	72
Tabla 13	Aforos vehiculares N° 1 – Intersección con el Jr. Angamos	73
Tabla 14	Aforos vehiculares N° 2 – Intersección con el Jr. Chamchamayo.....	74
Tabla 15	Aforos vehiculares N° 2 – Intersección con el Jr. Chanchamayo.....	75
Tabla 16	Aforos vehiculares N° 3 – Intersección con el Jr. Miguel Iglesias.	77
Tabla 17	Aforos vehiculares N° 3 – Intersección con el Jr. Miguel iglesias	78
Tabla 18	Aforos vehiculares N° 4 – Intersección con el Jr. Los Sauces.	80
Tabla 19	Aforos vehiculares N° 4 – Intersección con el Jr. Los Sauces	81
Tabla 20	Aforos vehiculares N°5 – Intersección con el Prol. Revilla Pérez (1).....	83
Tabla 21	Aforos vehiculares N° 5 – Intersección con el Jr. Prol. Revilla Pérez (2)...	84
Tabla 22	Aforos vehiculares N° 5 – Intersección con la Prol. Revilla Pérez	85
Tabla 23	Aforos vehiculares N° 6 – Intersección con el Jr. Sta. Teresa de Jornet. ..	87
Tabla 24	Aforos vehiculares N° 6 – Intersección con el Jr. Sta. Teresa de Jornet ...	88
Tabla 25	Aforos vehiculares N° 7 – Intersección con el Av. Hoyos Rubio	90
Tabla 26	Aforos vehiculares N° 7 – Intersección con Av. Hoyos Rubio	91
Tabla 27	Aforos vehiculares N° 8 – Intersección con el Jr. Zoilo León.	93
Tabla 28	Aforos vehiculares N° 8 – Intersección con el Jr. Zoilo León	94
Tabla 29	Aforos vehiculares N° 9 – Intersección con el Jr. Ayacucho	96
Tabla 30	Aforos vehiculares N° 9 – Intersección con el Jr. Ayacucho	97
Tabla 31	Aforos vehiculares N° 10 – Intersección con el Jr. El Mutuy	99
Tabla 32	Aforos vehiculares N° 10 – Intersección con el Jr. El Mutuy	100
Tabla 33	Aforos vehiculares N° 11 – Intersección con la Av. Carlo Malpica.....	102
Tabla 34	Aforos vehiculares N° 11 – Intersección con Av. Carlos Malpica.....	103
Tabla 35	Aforos vehiculares N° 12 – Intersección con el Jr. El Inca.	105

Tabla 36	Aforos vehiculares N° 12 – Intersección con el Jr. El Inca	106
Tabla 37	Aforos vehiculares N° 13 – Intersección con la Jr. Atahualpa	108
Tabla 38	Aforos vehiculares N° 13 – Intersección con el Jr. Atahualpa	109
Tabla 39	Ciclos semafóricos existentes en las intersecciones estudiadas	110
Tabla 40	Volúmenes vehiculares horarios de la intersección N°1	111
Tabla 41	Duración de ciclo óptimo de la intersección N°1	112
Tabla 42	Ciclo semafórico dinámico: resumen de cada intersección	113
Tabla 43	Capacidad Vehicular de la vía – Ciclo semafórico existente	122
Tabla 44	Capacidad Vehicular – Intersección N° 1	129
Tabla 45	Capacidad Vehicular – Intersección N° 1	129
Tabla 46	Capacidad Vehicular – Intersección N° 2	130
Tabla 47	Capacidad Vehicular – Intersección N° 3	131
Tabla 48	Capacidad Vehicular – Intersección N° 4	132
Tabla 49	Capacidad Vehicular – Intersección N° 5	133
Tabla 50	Capacidad Vehicular – Intersección N° 6	134
Tabla 51	Capacidad Vehicular – Intersección N° 7	135
Tabla 52	Capacidad Vehicular – Intersección N° 8	136
Tabla 53	Capacidad Vehicular – Intersección N° 9	137
Tabla 54	Capacidad Vehicular – Intersección N° 10	138
Tabla 55	Capacidad Vehicular – Intersección N° 11	139
Tabla 56	Capacidad Vehicular – Intersección N° 12	140
Tabla 57	Capacidad Vehicular – Intersección N° 13	141
Tabla 58.	Porcentajes de Variación comparativos de la duración del ciclo óptimo y la capacidad vehicular horaria para cada intersección semaforizada	143
Tabla 59.	Variación porcentual promedio de la capacidad vehicular por intersección	143
Tabla 60	Comparación de capacidad vehicular máxima para ciclo existente y ciclo dinámico	145

RESUMEN

La presente investigación se desarrolló a partir de la identificación de una problemática específica: la congestión vehicular en la vía de Evitamiento, en el tramo comprendido entre la Rotonda Musical y el Jr. Angamos, en la ciudad de Cajamarca. Frente a esta situación, se planteó como objetivo principal diseñar un sistema de semaforización dinámica que permita incrementar la capacidad operativa del tramo mencionado; para evaluar las condiciones actuales del tránsito, se registró la duración de los ciclos semafóricos en cada intersección del tramo de estudio y posteriormente se realizó el conteo vehicular en el horario comprendido entre las 7:00 a. m. y las 7:00 p. m, estos datos fueron actualizados al año 2026. A partir de este análisis, se formuló una propuesta de ciclos semafóricos dinámicos para cada intersección, considerando las variaciones del flujo vehicular a lo largo del día. Asimismo, mediante el software Synchro 8.0, se estimó la capacidad vehicular tanto del sistema semafórico existente como del modelo dinámico propuesto. Los resultados muestran que la capacidad vehicular varía entre 1,380 y 3,609 veh/h; con el modelo dinámico la capacidad vehicular aumenta hasta valores entre 1,507 y 4,966 veh/h, logrando un incremento promedio de 21.58% en la capacidad vehicular del tramo analizado.

Palabras clave: Ciclo semafórico dinámico, intersecciones semaforizadas, capacidad vehicular, Synchro.

ABSTRACT

This research stemmed from the identification of a specific problem: traffic congestion on the Evitamiento highway, in the section between the Rotonda Musical roundabout and Jr. Angamos, in the city of Cajamarca. In response to this situation, the main objective was to design a dynamic traffic signal system to increase the operational capacity of this section. To evaluate current traffic conditions, the duration of traffic signal cycles at each intersection along the study section was recorded, and subsequently, vehicle counts were conducted between 7:00 a.m. and 7:00 p.m. These data were updated to the year 2026. Based on this analysis, a proposal for dynamic traffic signal cycles was formulated for each intersection, taking into account the variations in traffic flow throughout the day. Furthermore, using Synchro 8.0 software, the vehicle capacity of both the existing traffic signal system and the proposed dynamic model was estimated. The results show that vehicle capacity varies between 1,380 and 3,609 veh/h; with the dynamic model, vehicle capacity increases to values between 1,507 and 4,966 veh/h, achieving an average increase of 21.58% in the vehicle capacity of the analyzed section.

Keywords: Dynamic traffic signal cycle, signalized intersections, vehicle capacity, Synchro.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del Problema

1.1.1. Contextualización

La movilidad urbana constituye un pilar fundamental para el desarrollo sostenible y la calidad de vida en las ciudades. En Cajamarca, la gestión y la inversión en el transporte urbano recaen en entidades públicas; sin embargo, la ejecución ineficiente de estas funciones ha generado serias deficiencias en la red vial, evidenciadas en el desorden vehicular, la congestión creciente, el incremento de los tiempos de desplazamiento y mayores niveles de contaminación ambiental, afectando directamente a la población (Araujo, 2020).

Diversos factores explican esta problemática, entre ellos la ausencia de una planificación integral del sistema de transporte, limitaciones presupuestarias, intereses políticos y la superposición de competencias entre las instituciones responsables. Asimismo, los ciclos semafóricos no siempre operan de manera eficiente, especialmente en horas punta, cuando no permiten el paso total de los vehículos durante la fase verde, originando extensas colas que invaden intersecciones y alteran la circulación normal. (Romero, 2018)

Aunque en los últimos años se han planteado mejoras en el diseño geométrico de la infraestructura vial para adaptarse al crecimiento del parque automotor y optimizar tanto la circulación vehicular como peatonal, el aumento

acelerado de unidades de transporte —en comparación con décadas anteriores, cuando existían pocas camionetas rurales y un solo comité de transporte urbano— ha superado en muchos casos la capacidad operativa de las vías.

En este contexto, la presente investigación, desarrollada en setiembre de 2024, tiene como objetivo analizar el nivel de servicio del transporte urbano en Cajamarca mediante la aplicación de la metodología del Highway Capacity Manual (HCM 2016), considerando datos de aforo vehicular, características geométricas de la vía y giros permitidos. El propósito es generar información técnica que contribuya a optimizar la gestión del tránsito y reducir los problemas de congestión y desorden vial en la ciudad.

Este enfoque metodológico guarda relación con investigaciones recientes desarrolladas en la región, como la tesis de Lozano(2024), quien realizó un análisis de capacidad vehicular y nivel de servicio en una intersección semaforizada aplicando la metodología HCM, evidenciando la utilidad de esta herramienta para diagnosticar y proponer mejoras en el tránsito urbano. Asimismo, el estudio desarrollado por Moron & Ramos (2024) evaluó el nivel de servicio en una intersección urbana mediante herramientas de simulación y criterios técnicos del HCM, destacando la importancia de los análisis operacionales para la toma de decisiones en materia de movilidad urbana.

1.1.2. Descripción del Problema

El crecimiento sostenido del parque automotor y la limitada capacidad operativa de las intersecciones han intensificado los problemas de congestión vehicular en la ciudad de Cajamarca. En diversos sectores urbanos, especialmente en vías de alta demanda, se observa un incremento en los tiempos de viaje, demoras excesivas en horas punta y formación constante de colas que invaden intersecciones, afectando la fluidez del tránsito. Esta situación evidencia deficiencias en la gestión del sistema vial, particularmente en la programación de los dispositivos de control semafórico.

Uno de los principales factores asociados a esta problemática es la utilización de ciclos semafóricos con tiempos fijos que no se ajustan a las variaciones reales del flujo vehicular. Cuando las fases verde y roja no responden a la demanda existente, se genera acumulación de vehículos en determinados accesos, elevando el grado de saturación y reduciendo el nivel de servicio de la intersección. A ello se suman conductas inadecuadas de los usuarios y una limitada planificación integral del tránsito, lo que agrava la ineficiencia operativa del sistema. Las consecuencias no solo se reflejan en el desorden vehicular, sino también en el impacto económico, ya que, según reportes difundidos por Diario Gestión (2023), las pérdidas asociadas a la congestión en la ciudad superan los 100 millones de soles anuales, afectando actividades productivas que requieren desplazamientos ágiles y oportunos.

Esta problemática se manifiesta de manera particular en la Vía de Evitamiento, en el tramo comprendido desde la Rotonda Musical hasta la intersección con el jirón Angamos, donde se presentan demoras significativas y elevados niveles de saturación en horas de mayor demanda. La

programación actual de los semáforos en esta zona no considera de manera dinámica las variaciones del volumen vehicular, lo que limita la capacidad operativa de la intersección en estudio y reduce su eficiencia.

En este contexto, surge la necesidad de desarrollar una investigación que permita evaluar técnicamente el comportamiento de la intersección y demostrar que la modificación de los tiempos del ciclo semafórico puede incrementar su capacidad y mejorar su nivel de servicio. Analizar la incidencia de una redistribución de tiempos verdes y rojos —en función del flujo real de vehículos— permitirá determinar si es posible reducir la saturación, disminuir las demoras y optimizar el funcionamiento de la infraestructura vial. De esta manera, el estudio busca aportar evidencia técnica que contribuya a la toma de decisiones orientadas a mejorar la movilidad urbana en este importante corredor vial de la ciudad.

1.2. Formulación del Problema

✓ Pregunta General

¿En cuánto incrementa la implementación de un ciclo semafórico dinámico la capacidad vehicular en la Vía de Evitamiento tramo: desde la Rotonda Musical hasta la intersección con el Jirón el Angamos de la ciudad de Cajamarca?

1.3. Justificación

1.3.1. Justificación teórica

La investigación busca mediante la sectorización saber cómo evaluar probabilísticamente el comportamiento dinámico de la densidad vehicular en un día. Es un trabajo que busca aplicar metodologías de diseño para evaluar y mejorar el flujo vehicular en nuestra ciudad. Cuyos resultados puedan aplicarse en todas las intersecciones con problemas de tránsito en la ciudad de Cajamarca.

1.3.2. Justificación Técnico – Práctica

La investigación busca mejorar la distribución actual del tráfico, diferenciando carriles específicos de desplazamiento para los tipos de vehículos, y plantear rutas específicas para diversos tipos de vehículos y mejorar el flujo vehicular a lo largo de la vía de evitamiento de la ciudad de Cajamarca, desde la rotonda musical hasta la intersección con el jirón Angamos.

1.3.3. Justificación Institucional y Personal

La universidad Nacional de Cajamarca fomenta la investigación y generación de conocimiento aplicable de forma práctica, y que mejore los métodos tradicionales de transporte.

La investigación se justifica en un esfuerzo personal que busca mejorar el sistema de transporte en nuestra ciudad de Cajamarca.

1.4. Delimitación de la Investigación

➤ Delimitación espacial:

La tesis se realizó en la ciudad de Cajamarca.

➤ Delimitación temporal:

El estudio se ejecutó en el año 2018, los aforos vehiculares fueron actualizados y medidos durante el mes de febrero del 2026.

➤ Delimitación temática:

La investigación se encuentra dentro de la ingeniería de tránsito, se centra en analizar el comportamiento de la densidad vehicular y su variación durante el día, categorizándola por tipos de vehículos y sectorizarla en carriles y vías específicas, y con estos datos aplicar el método de Webster, ciclos semafóricos dinámicos que varíen según el momento del día en que se encuentren y comprobar en cuanto mejora el flujo vehicular.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Evaluar dinámicamente la variación de la capacidad vehicular en una intersección aplicando un ciclo semafórico dinámico a lo largo de la Vía de Evitamiento entre la Rotonda Musical y la intersección con el jirón Angamos de la ciudad de Cajamarca.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Determinar el aforo vehicular en las intersecciones en estudio.
- Medir los ciclos semafóricos en las intersecciones en estudio.
- Diseñar un de ciclo semafórico dinámico.

- Determinar la capacidad vial en las intersecciones en estudio para los empleando el software Synchrho.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación o Marco Referencial

2.1.1. A Nivel Internacional

Ortiz Pachar (2023), en Ecuador, realizó un estudio sobre el tráfico y posibles soluciones al congestionamiento en la intersección de la Av. Paseo de los Cañaris y Cacique Chamba, monitoreando el flujo vehicular durante 24 horas a lo largo de una semana. Su investigación se centró en una zona de alto tránsito vehicular, utilizando metodología de trabajo de campo, análisis del nivel de servicio y modelación de tráfico mediante software de simulación. Los resultados mostraron que la circulación se ve afectada por una configuración semafórica inadecuada y una señalización vertical y horizontal deficiente. La modelación evidenció que, con un ajuste de cinco segundos en los ciclos semafóricos, el flujo de vehículos podría mejorar significativamente, pasando de niveles de servicio C y D a un nivel A.

Por su parte, Moya Agud (2023), en su tesis titulada *“Impacto del largo del ciclo semafórico en la operación de buses de transporte público”* desarrollada en Santiago de Chile, evaluó cómo distintos tiempos de ciclo semafórico afectan la operación del transporte público y la circulación general. Para ello, llevó a cabo microsimulaciones con un modelo de seguimiento vehicular calibrado según las trayectorias de automóviles y buses. Sus

hallazgos indican que los ciclos cortos, de aproximadamente 40 a 60 segundos, pueden reducir los tiempos de viaje hasta en un 50 % en comparación con ciclos más largos, evidenciando la importancia de ajustar los tiempos de semáforo al flujo real de tránsito.

Asimismo, un estudio de la Universidad Politécnica de Valencia (2024) sobre la rotonda El Saler en Valencia demostró que la implementación de estrategias de control de tráfico puede mejorar la circulación no solo en los accesos más congestionados, sino también en los viales adyacentes. La investigación estimó que dichas medidas permitirían disminuir los tiempos de circulación hasta en un 60 %, promoviendo un tránsito más fluido y reduciendo la congestión en los momentos de mayor demanda.

2.1.2. A Nivel Nacional

En la investigación de Lizárraga (2024), titulada *“Optimización del flujo vehicular en la intersección vial de la Av. Circunvalación Oeste con la Av. Jorge Chávez de la ciudad de Juliaca, 2023”*, se plantea mejorar la operación vehicular mediante la evaluación de los niveles de servicio y la aplicación de simulaciones con ciclos semafóricos variables. Para ello, se emplearon tiempos semiautomáticos de 62 segundos para la luz verde, 30 segundos para la luz roja y 3 segundos para la luz amarilla, lo que permitió reducir los tiempos de espera y optimizar el tránsito, elevando el nivel de servicio de E y F a D.

Basurto e Yzaguirre (2019), en su tesis titulada *“Propuesta de un sistema de semaforización para reducir el grado de saturación en las intersecciones de Av. Angamos Este con Av. República de Panamá, Av. Tomás Marsano y Av. Aviación, Lima”*, concluyeron que la implementación de ciclos

semafóricos adaptados al flujo vehicular contribuyó a reducir significativamente la congestión y la longitud de las colas en dichas intersecciones. Su propuesta consistió en estructurar fases independientes para las vías principales y secundarias, permitiendo atender de manera diferenciada las demandas de cada acceso. Además, los tiempos de luz verde fueron optimizados para mejorar la circulación y disminuir los niveles de saturación, logrando un tránsito más fluido y un desempeño más eficiente de la intersección. Estos resultados demostraron que ajustar los ciclos semafóricos según la movilidad real del tráfico es una estrategia efectiva para reducir demoras y mejorar el nivel de servicio.

Por su parte, Guzmán y Zevallos (2022) analizaron diversas alternativas de mejora para las intersecciones semaforizadas ubicadas entre la Av. Sullana y la Av. Gullman en Piura, aplicando la metodología del HCM 2010. El estudio se centró en la sincronización de los semáforos en ambos sentidos de la avenida, alcanzando resultados positivos con niveles de servicio B y C y grados de saturación de 0.80 en la Av. Sullana y 0.83 en la Av. Gullman. Dichos resultados se lograron gracias a la implementación de ciclos semafóricos ajustados al comportamiento real del flujo vehicular en el tramo estudiado, evidenciando la importancia de la adaptación dinámica de los tiempos de los semáforos para mejorar la eficiencia del tránsito.

A Nivel Local

Llanos (2018), en su investigación *“Análisis del nivel de servicio de las intersecciones semaforizadas con mayor afluencia de la Av. Hoyos Rubio, Cajamarca”*, realizó un análisis detallado de las condiciones operativas de las

intersecciones y propuso mejoras mediante ajustes operativos, adecuaciones geométricas y optimización de los ciclos semafóricos. La implementación de estas medidas permitió reducir de manera considerable las demoras promedio por vehículo, logrando que el nivel de servicio pasara de F en la situación actual a D en la propuesta, mostrando una mejora teórica en la eficiencia del tránsito en los accesos vinculados a la Av. Hoyos Rubio, respaldada por los resultados presentados en tablas resumen del estudio.

Alcántara (2018), en su tesis *“Análisis del nivel de servicio y capacidad vehicular de la avenida San Martín de Porres, ubicada entre la Avenida Atahualpa y la Avenida Argentina, aplicando la metodología del HCM 2000, Cajamarca”*, identificó niveles de servicio críticos en los segmentos analizados: el segmento I registró un nivel E y el segmento II un nivel F, con capacidades de 1600 y 1356 vehículos por hora, respectivamente. Además, señaló que las variaciones en el flujo vehicular, especialmente durante las horas pico, incrementan la saturación y reducen el desempeño de la vía. Entre las medidas sugeridas, destacó la optimización de la sincronización semafórica y la ampliación o adecuación de la capacidad del segmento II como estrategias para mejorar la fluidez y elevar el nivel de servicio de la intersección.

Araujo Mejía (2020), en su tesis *“Nivel de servicio de la semaforización en las intersecciones de la Av. Atahualpa – Av. San Martín de Porres y Av. Vía de Evitamiento Norte – Av. Angamos en la ciudad de Cajamarca”*, evaluó el desempeño de estas intersecciones mediante aforos vehiculares y peatonales, determinando el flujo real y realizando un inventario del sistema semafórico. Los resultados mostraron que la intersección de Evitamiento Norte con Angamos presentaba un retraso promedio de 68,152 segundos por vehículo,

correspondiente a un nivel de servicio E, mientras que la de Av. Atahualpa con San Martín de Porres alcanzaba un retraso promedio de 189,858 segundos por unidad vehicular, equivalente a un nivel F. Estos datos evidencian un funcionamiento deficiente y la necesidad urgente de reestructurar la semaforización en ambas intersecciones.

Flores Lozano (2024) en su tesis *“Análisis y evaluación de la capacidad vehicular y nivel de servicio aplicando la metodología del HCM 2010 y Synchro Plus 11.1 en la intersección de Av. San Martín de Porres y Av. Héroes del Cenepa, Cajamarca”* evaluó el desempeño de la intersección con alto flujo vehicular. La hipótesis planteaba que los retrasos se debían a ciclos semafóricos inadecuados. Aplicando HCM 2010 y simulaciones, se confirmó un nivel de servicio bajo y demoras significativas. Las conclusiones recomendaron ajustar y sincronizar los tiempos de los semáforos para mejorar la capacidad y eficiencia del tránsito.

2.2. Marco Doctrinal

2.2.1. Sistemas de Tránsito Dinámicos

Los sistemas semafóricos convencionales operan con tiempos preestablecidos, basados en secuencias programadas para condiciones de flujo vehicular consideradas constantes. Si bien este tipo de control puede funcionar en intersecciones con demandas estables, resulta insuficiente cuando el tránsito presenta variaciones considerables a lo largo del día, ya que no ajusta sus fases en tiempo real ni responde a cambios significativos de la demanda vehicular, lo que puede generar congestión y mayores tiempos de espera para los vehículos y peatones.

Frente a estas limitaciones, la literatura académica y las investigaciones recientes destacan la importancia de emplear sistemas semafóricos dinámicos o adaptativos, los cuales ajustan los tiempos de los ciclos semafóricos en función de los datos de flujo vehicular recolectados y analizados. Estos sistemas pueden mejorar la eficiencia de la circulación, reducir las demoras promedio y optimizar el nivel de servicio en intersecciones donde el flujo es irregular o variable. Por ejemplo, investigaciones en ingeniería de transporte urbano han propuesto y evaluado modelos semafóricos adaptativos que responden a las condiciones reales del tráfico, utilizando simulación y estructuras de control basadas en datos colectados en campo.

En el contexto peruano, estudios recientes han abordado la semaforización como herramienta para mitigar la congestión. La tesis *Semaforización para minimizar la congestión vehicular en las intersecciones de vías urbanas* concluyó que la aplicación de estrategias semafóricas basadas en simulación con software especializado, como Synchro 8.0, permite disminuir la congestión en intersecciones principales de Lima Metropolitana, mejorando la eficiencia vehicular. Además, trabajos como la *Propuesta de sistema adaptativo para intersecciones semaforizadas en la ciudad de Jaén* (Piedra, 2024) han desarrollado algoritmos predictivos y sistemas adaptativos que estiman y optimizan tiempos de demora y ciclo óptimo para clasificar intersecciones con niveles de servicio superiores mediante modelos basados en predicción estadística y herramientas de análisis.

Desde una perspectiva latinoamericana, la tendencia hacia la gestión inteligente del tráfico urbano también se refleja en proyectos académicos regionales que promueven el uso de tecnologías avanzadas de control

semafórico y sistemas de gestión de tráfico en tiempo real, lo cual indica que la implementación de semáforos adaptativos es una línea de investigación y aplicación cada vez más vigente en el continente.

En síntesis, los sistemas dinámicos o adaptativos de semaforización representan una evolución del control semafórico tradicional, ajustando los tiempos de fase de acuerdo con la demanda real del tránsito y la información operacional obtenida en campo, lo que permite reducir colas, tiempos de demora y mejorar los niveles de servicio en intersecciones con flujos vehiculares variables.

2.2.2. Clasificación De Los Semáforos

Existen diversas clases de semáforos que regulan el tránsito según las características de la vía y la demanda vehicular:

Semáforos de tiempos fijos: Estos semáforos operan con ciclos, duraciones y secuencias predefinidas que no cambian. Generalmente, pueden incluir varios programas para distintos horarios del día, con el fin de ajustarse mejor a los patrones de tráfico en diferentes momentos.

Semáforos totalmente accionados por el tránsito: La duración de cada fase, e incluso su orden, depende del flujo de vehículos que utiliza la intersección. Esta demanda se detecta mediante sensores como lazos inductivos, detectores neumáticos o rayos infrarrojos, permitiendo que todas las entradas de la intersección puedan activar el semáforo según el tránsito presente.

Semáforos semiaccionados por el tránsito: Solo algunas entradas del semáforo cuentan con medios de activación, generalmente aplicables en intersecciones donde la vía principal tiene alto volumen y velocidad, mientras que las vías secundarias presentan un tránsito ligero. La fase verde suele permanecer en la vía principal, cambiando hacia la vía secundaria únicamente cuando se detecta la presencia de vehículos o peatones.

Semáforos controlados por computador: Además de enviar señales a los controladores locales, estos sistemas ofrecen funciones avanzadas como:

- Prioridad para vehículos de emergencia mediante “bandas verdes” especiales.
- Leyendas variables que indican cambios de sentido o el estado del tráfico.
- Información sobre disponibilidad de estacionamiento.
- Conteo automático de vehículos y monitoreo del flujo.
- Supervisión del correcto funcionamiento de los controladores locales.
- Combinación de modos, permitiendo coordinación entre intersecciones y adaptación a la demanda instantánea.

2.2.3. Mejoras al aplicar sistemas de semaforización inteligentes

La introducción de sistemas semafóricos inteligentes busca reducir los principales problemas de congestión y mejorar la eficiencia del tránsito, pero su implementación debe considerar las variaciones de flujo tanto en volúmenes altos como bajos. Si un sistema solo se ajusta al pico de mayor demanda, puede perjudicar la circulación en periodos o accesos con menor tráfico. Por

ello, una característica esencial de los sistemas inteligentes es su capacidad para captar cambios en tiempo real, registrar información del flujo vehicular y aplicar ajustes automáticos en los ciclos semafóricos cuando se presentan condiciones de congestión, con el objetivo de brindar una respuesta más equilibrada y eficiente a las demandas del tránsito (García & Vargas, 2021).

Investigaciones recientes a nivel urbano han demostrado que la implementación de control semafórico inteligente puede ofrecer mejoras cuantificables en el desempeño de las intersecciones. Por ejemplo, una tesis desarrollada en la ciudad de Arequipa (Pérez, 2022) aplicó un algoritmo de optimización del flujo vehicular basado en detección en tiempo real, logrando reducciones significativas en los tiempos de espera promedio y un mejor nivel de servicio en las intersecciones evaluadas. Asimismo, trabajos similares en Lima Metropolitana (Torres & Ramírez, 2023) evidenciaron que los sistemas inteligentes que se adaptan dinámicamente a los patrones de tráfico disminuyeron la congestión en horas punta y mejoraron la circulación total de vehículos.

En el contexto latinoamericano, estudios comparativos han encontrado resultados prometedores. Un análisis realizado en Quito (Rodríguez, 2021) demostró que la aplicación de semaforización adaptativa con sensores y procesamiento de datos redujo las demoras vehiculares hasta en un 18 % en intersecciones críticas. Del mismo modo, investigaciones en Brasil (Silva & Andrade, 2020) concluyeron que el uso de sistemas semafóricos inteligentes permitió optimizar la coordinación entre intersecciones, reduciendo colas y aumentando la capacidad funcional del corredor vial.

El desarrollo e implementación de semáforos inteligentes no solo debe enfocarse en una localidad o tramo específico, sino que puede ser adaptado a diversas condiciones urbanas mediante la programación flexible de sus ciclos. Este enfoque permite que el sistema responda de manera específica a las variables del entorno —como el volumen vehicular, flujo peatonal y horarios de alta demanda— generando soluciones personalizadas que mejoran de forma sostenida la eficiencia del tránsito en distintos escenarios urbanos.

2.3. Marco conceptual

2.1.1. Ingeniería de tránsito

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

2.1.2. Métodos de muestreo de aforo vehicular.

A continuación, se enumeran las modalidades más comúnmente usadas para aforos de tránsito.

a) Aforos Manuales:

Son aquellos que registran a vehículos haciendo trazos en un papel o con contadores manuales. Mediante éstos es posible conseguir datos que no pueden ser obtenidos por otros procedimientos, como clasificar a los vehículos por tipo, número de ellos que giran u ocupantes de los mismos. Los recuentos pueden dividirse en 30 minutos e incluso 15 cuando el tránsito es muy denso. Para hacer los recuentos se deben preparar hojas de campo.

- Se usan por lo general para contabilizar volúmenes de giro y volúmenes clasificados.
- La duración del aforo varía con el propósito del aforo. Algunos aforos clasificados pueden durar hasta 24 horas.
- El equipo usado es variado; desde hojas de papel marcando cada vehículo hasta contadores electrónicos con teclados. Ambos métodos son manuales.
- Durante periodos de tránsito alto, es necesario más de una persona para efectuar los aforos. La exactitud y confiabilidad de los aforos depende del tipo y cantidad del personal, instrucciones, supervisión y la cantidad de información a ser obtenida por cada persona.

Figura 1

Contadores manuales para muestreo de aforos vehiculares



Nota. <http://www.riv.mx/noticias/software-para-ingenieria-de-transito/>

2.1.3. Semaforización

La ingeniería de tránsito constituye una especialidad dentro de la ingeniería civil que se ocupa de planificar y diseñar carreteras, calles y autopistas, así como de estudiar su interacción con los distintos medios de

transporte, con el propósito de asegurar una circulación eficiente. (Alcántara, 2018)

2.1.4. Clasificación de los semáforos

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

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

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

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

Semáforos controlados por computador: Estos sistemas no solo gestionan las señales de fase a nivel local, sino que incorporan funciones

adicionales como la priorización de vehículos de emergencia mediante bandas verdes, emisión de mensajes variables sobre condiciones del tránsito, información sobre estacionamientos disponibles, conteo automático del flujo vehicular y supervisión del funcionamiento de los controladores. Además, pueden integrarse en sistemas coordinados que respondan a la demanda en tiempo real (Araujo, 2020)

2.1.5. Flujo vehicular

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

Estas variables se relacionan mediante la ecuación fundamental del tráfico:

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

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

2.1.6. Velocidades

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

Dónde:

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

Velocidad constante (Km/h).

Distancia recorrida (Km).

Tiempo de recorrido (horas).

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

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

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

Dónde:

Velocidad media temporal (Km/h).

Velocidad del vehículo i (Km/h).

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

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

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

Donde:

Ve: Velocidad media espacial.

d: Distancia recorrida.

t: Tiempo promedio de recorrido.

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

2.1.6.5. Velocidad de recorrido. La velocidad media de recorrido, también denominada velocidad global o de viaje, se calcula dividiendo la distancia total recorrida entre el tiempo total empleado en el desplazamiento. Este tiempo incluye las demoras operacionales

ocasionadas por la vía, el tránsito o los dispositivos de control, pero no considera pausas fuera de la vía, como paradas en gasolineras o restaurantes. Para un conjunto de vehículos, la velocidad media de recorrido se obtiene sumando las distancias recorridas y dividiéndolas entre la suma de los tiempos de viaje; si todos recorren la misma distancia, basta con dividir la distancia entre el tiempo promedio. Esta velocidad, basada en la distancia, es útil para comparar la fluidez del tránsito en diferentes rutas.

2.1.7. Volúmenes

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

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

Donde:

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

N: número total de vehículos que pasan (Veh)

T: periodo determinado (Seg)

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

- **Volumen horario máximo anual (VHMA):** Corresponde al mayor volumen de vehículos que atraviesa un punto o sección de un carril o

calzada durante un año, es decir, la hora de mayor tránsito dentro de las 8,760 horas del año.

- **Volumen horario de máxima demanda (VHMD):** Representa el mayor número de vehículos que pasan por un punto o sección de la vía durante 60 minutos consecutivos, reflejando los períodos de mayor demanda que pueden registrarse en un día específico.

2.1.8. Horario de máxima demanda vehicular

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

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

Donde:

VHMD: Volumen Horario de Máxima Demanda Vehicular

N: Número de períodos durante la hora de máxima demanda

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

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

2.1.9. Demanda ajustada

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

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

Dónde:

q = demanda ajustada (veh p/h)

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

FHMD = factor horario de máxima demanda (0.95).

2.1.10. Capacidad vial

La capacidad vial (Q_{máx}) se define como la máxima tasa de flujo vehicular que una vía puede admitir en un periodo determinado. En términos operativos, representa el número más alto de vehículos que es posible movilizar a través de un punto específico de un carril o calzada durante un intervalo temporal, bajo las condiciones vigentes de la infraestructura y de los

sistemas de control. Para los estudios de capacidad, se suele emplear un intervalo de 15 minutos, por considerarse el periodo mínimo en el cual puede mantenerse un flujo estable y representativo. Asimismo, la infraestructura vial puede clasificarse en sistemas de circulación continua caracterizados por la ausencia de elementos que interrumpan el tránsito, y sistemas de circulación discontinua, en los cuales dispositivos fijos, tales como semáforos o señales de detención, generan interrupciones regulares en el flujo vehicular.

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

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

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

Donde:

Q: Es la capacidad (veh/h)

S: Flujo de saturación

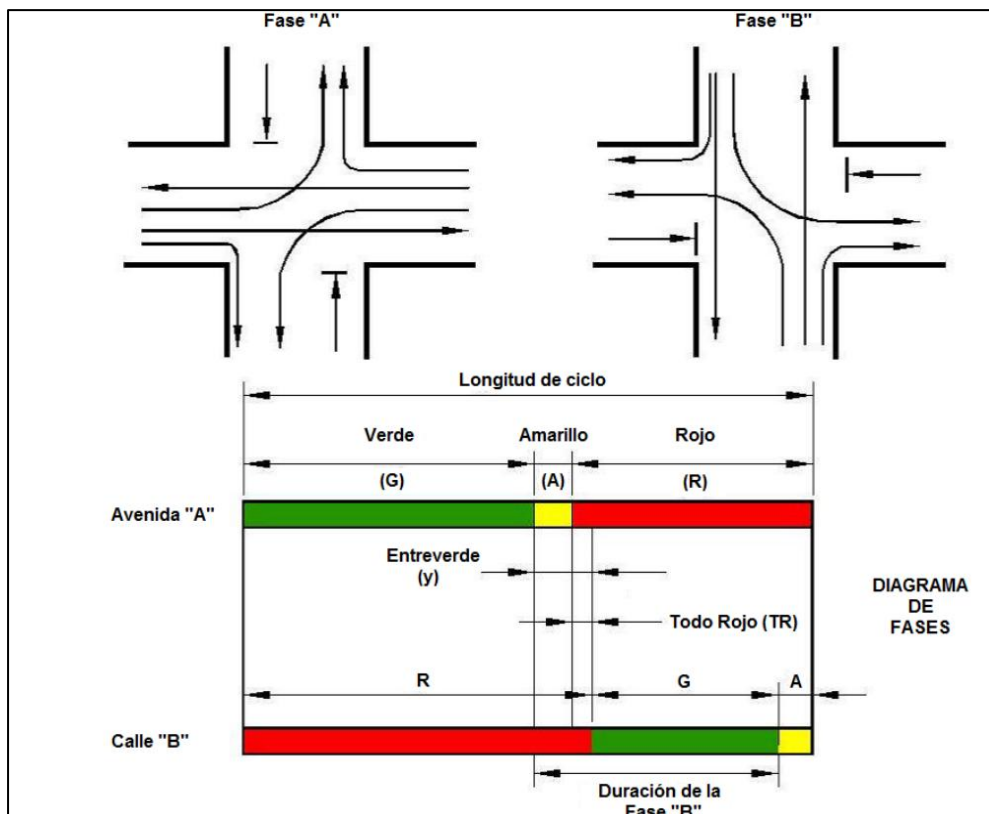
g: tiempo en verde efectivo del ciclo por fase

C: Duración de ciclo

2.1.11. Cálculos de los tiempos del semáforo

El cálculo de los tiempos de un ciclo semafórico debe buscar que cada fase permita el mayor número posible de movimientos simultáneos, para reducir demoras y aumentar la capacidad de la intersección. Además, se debe utilizar el mínimo número de fases necesario, organizando su secuencia para disminuir los puntos de conflicto y los retrasos. Cada fase comprende desde el inicio del ámbar hasta el final del verde correspondiente, por lo que el cálculo del ciclo debe incluir los intervalos de ámbar, todo rojo y verde.

Figura 2
Ciclo semafórico de 2 fases



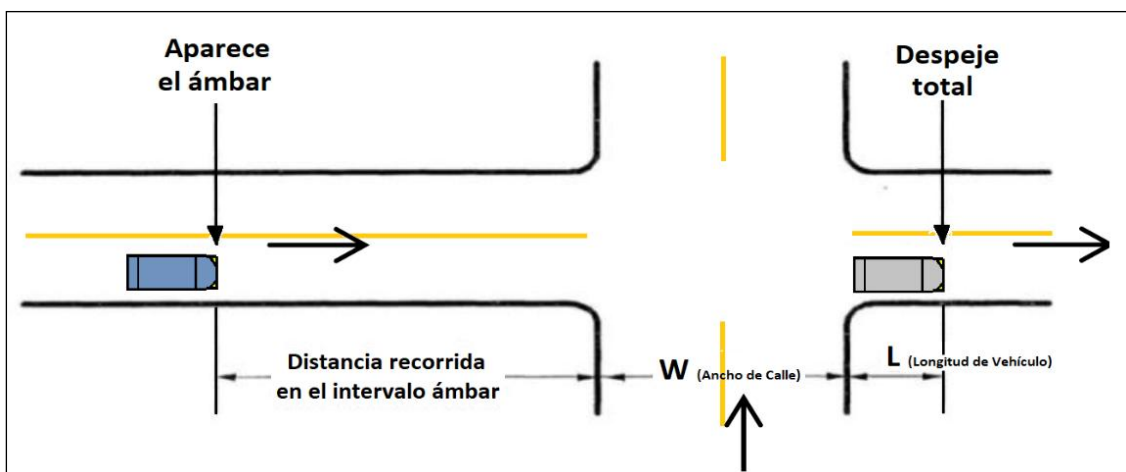
Nota. Figura tomada de Llanos (2018, p. 14). El ciclo semafórico de dos fases se basa en los volúmenes vehiculares, lo que permite distribuir los tiempos de verde de forma proporcional a la demanda y optimizar el desempeño operacional de la intersección.

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

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

Figura 3

Intervalo de cambio de fase



Nota. Figura tomada de Amelunge (2018).

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

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

Donde:

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

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

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

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

W = ancho de la intersección (m)

L = longitud del vehículo (valor sugerido 6.10 m)

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

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

Donde:

Co = tiempo óptimo de ciclo (s)

L = tiempo total perdido por ciclo (s)

Y_i = tasa de flujo vehicular por carril

ϕ = número de fases

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

2.1.11.3. Vehículos equivalentes.

La variación del tránsito por la presencia de distintos tipos de vehículos se corrige mediante factores de equivalencia vehicular propuestos por Webster, los cuales permiten convertirlos en unidades uniformes considerando sus diferencias de tamaño y comportamiento respecto al promedio.

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

Tabla 1
Factores de equivalencia vehicular según Webster

Tipo de Vehículo	Factores de equivalencia vehicular
Vehículos pesado mediano.	1.75
Bus	3
Camión	2.5
Auto	1
Mototaxi	0.75
Moto Lineal	0.33
Bicicleta	0.2

Nota.(Cecilio, 2020) Impacto vial en la Intersección del Jr. Independencia con la Av. Alameda de la República generado por el Centro Comercial Real Plaza en la ciudad de Huánuco-2019. (Pág. 84)

Si todos los vehículos que atraviesan una intersección semaforizada fueran automóviles que continúan de manera recta, las tasas máximas de flujo

se mantendrían aproximadamente constantes. No obstante, en la práctica, la presencia de vehículos pesados y de movimientos hacia la izquierda o derecha complica la situación. Para considerar estos efectos, se emplean factores de equivalencia que ajustan el flujo vehicular. En particular, el factor de ajuste por vehículos pesados se determina mediante la siguiente expresión:

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

Donde:

fvp = factor de ajuste por efecto de vehículos pesados

PC = porcentaje de camiones

PB = porcentaje de autobuses

EC = automóviles equivalentes a un camión

EB = automóviles equivalentes a un autobús.

Los vehículos pesados, como camiones y autobuses, requieren más tiempo en la intersección, por lo que se convierten a automóviles equivalentes mediante factores entre 1,4 y 1,6 (promedio 1,5). También se aplican factores por maniobras de giro, ya que girar consume más tiempo que seguir recto, con valores mayores para giros a la izquierda que a la derecha. Además, los volúmenes de hora pico se ajustan mediante el factor de hora de máxima demanda (0,95) para obtener flujos en automóviles equivalentes por hora.

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

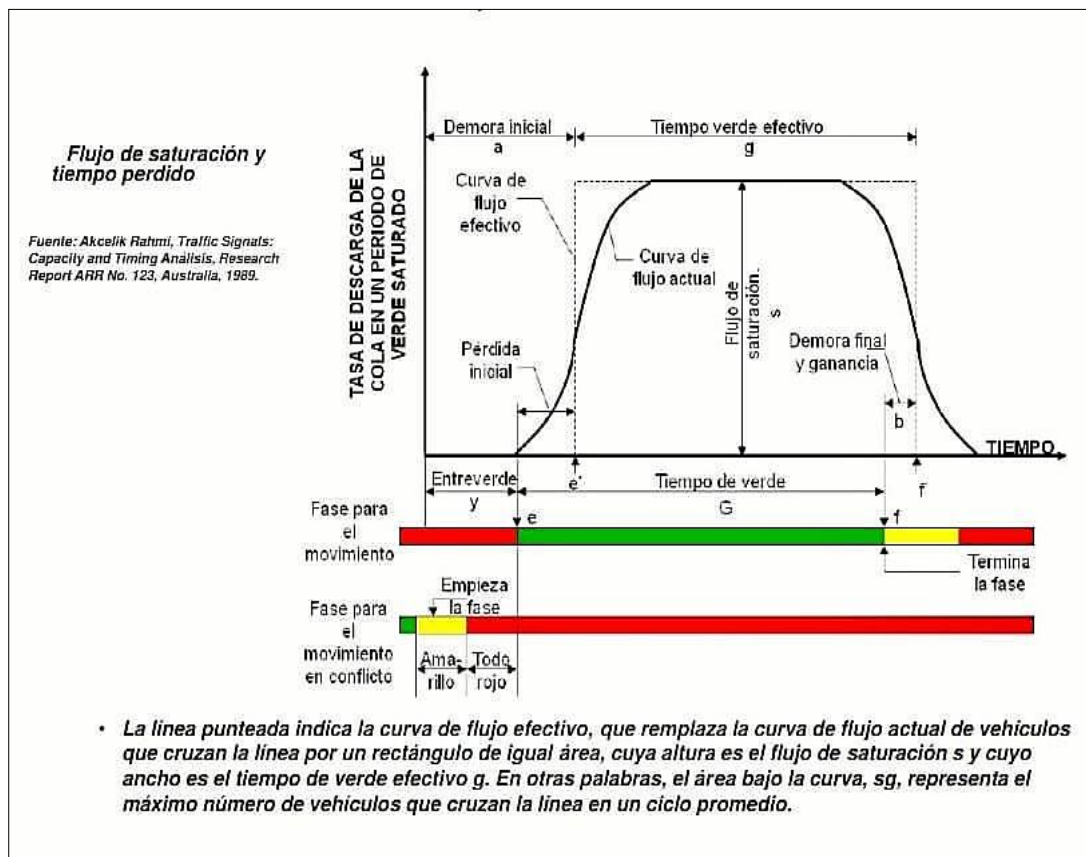
2.1.11.4. Flujo de saturación y tiempo perdido

Cuando el semáforo cambia a verde, el flujo vehicular aumenta hasta alcanzar el flujo de saturación, se mantiene constante y luego disminuye al final. Este comportamiento se simplifica con un modelo rectangular equivalente, donde el flujo de saturación (s) y el verde efectivo (g) determinan el número máximo de vehículos por ciclo ($s \cdot g$). La diferencia al inicio del verde se considera pérdida inicial y la del final, ganancia final, con lo que se define el verde efectivo de la fase.

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

Figura 4

Modelo básico del flujo de saturación



Nota. Figura tomada de Amelunge (2018).

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

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

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

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

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

$$l_i = a - b$$

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

De la ecuación (14)

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

Reemplazando en (17)

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

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

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

Reemplazando en la ecuación:

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

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

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

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

$$\begin{aligned} g_i &= G_i \\ l_i &= y_i = A_i \quad \dots(23) \end{aligned}$$

El tiempo total L perdido es:

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

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

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

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

Donde:

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

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

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

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

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

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

Para 2 fases de la vía una via tendríamos:

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

2.1.12. Flujo de saturación

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

Ecuación: Ecuación del Flujo de Saturación

$$S = S_0 f_w f_{HV} f_{fg} f_{fp} f_{bb} f_{af} L U f_{LT} f_{RT} f_{Lpb} f_{Rpb} \quad \dots(29)$$

Donde:

S_0 : Flujo de saturación base

f_w : Factor ajuste ancho de carril unidad

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

f_{fg} : Factor de ajuste por inclinación del acceso

f_{fp} : Factor de ajuste por existencia del carril de estacionamiento

fbf: Factor de ajuste por efecto de los autobuses locales que paran dentro de la zona
fa: factor de ajuste por tipo de área

fLU: Factor de ajuste por utilización de carril

fLT: Factor de ajuste por giro a la izquierda

fRT: Factor de ajuste por giro a la derecha

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

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

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

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

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

Tabla 2*Cuadro de Factor de ajuste de ancho de carril*

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

Nota. (Highway Manual Capacity 2016, 2016)

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

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

Ecuación: Fórmula del factor por vehículos pesados (fHV)

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

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

Ecuación: Fórmula del factor por pendiente en el acceso

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

Donde:

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

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

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

Ecuación: Fórmula del factor por estacionamiento adyacente al grupo

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

Donde:

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

N: Número de carriles por grupo.

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

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

Ecuación: Fórmula del factor por bloqueo de buses

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

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

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

Ecuación. Factor de ajuste por utilización de carriles

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

Donde:

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

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

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

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

Ecuación: Fórmula del factor por giro a la izquierda

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

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

Tabla 3

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

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

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

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

Tabla 4*Factor de ADE (automóvil directo equivalente) con flujo opuesto*

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

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

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

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

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

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

Tabla 5*f_{RT} y E_r equivalentes ADE para vehículos de giro a la derecha*

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

Nota: Tomado de Highway Manual Capacity (2016).

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

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

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

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

Donde:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Donde:

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

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

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

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

Donde:

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

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

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

La ocupación peatonal se determina con la siguiente fórmula.

Ecuación: Fórmula de la ocupación peatonal en verde

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

Donde:

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

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

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

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

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

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

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

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

Donde:

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

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

OCCpedg: Es la ocupación de peatones en verde.

OCCbicg: Es la ocupación de bicicletas en verde.

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

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

Donde:

gp: tiempo de verde acceso opuesto (s)

gp: tiempo de verde permitido del acceso (s)

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

C: longitud del ciclo del semáforo.

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

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

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

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

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

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

Ecuación: Ocupación de zona de conflicto importante

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

Donde:

gq: tiempo de verde acceso opuesto (s)

gp: tiempo de verde permitido del acceso (s)

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

Vo: flujo opuesto (veh/h)

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

OCCy: zona de conflicto importante

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

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

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

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

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

Es necesario analizar el caso de estudio donde se desea hallar el grado de saturación, puesto que en el caso del factor de peatones y bicicletas con

giros a la derecha e izquierda existen valores específicos según las condiciones que se encuentren.

Tabla 6

f_{Lpb} (factor de peatones y bicicletas para grupos con giro a la izquierda)

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

Nota. La información corresponde al Highway Manual Capacity 2016

Tabla 7

f_{Rpb} (factor por peatones y bicicleta para grupos con giro a la derecha)

Tipo de carril	f _{Rpb}
No hay peatones o ciclistas en conflicto	1
Giro permitido a la derecha	Apbt
Giro permitido y protegido a la derecha	Apbt
Giro protegido a la derecha	1

Nota. La información corresponde al Highway Manual Capacity 2016.

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

2.1.13. Concepto de capacidad vial

La capacidad de una intersección se entiende como el número máximo de vehículos que pueden atravesarla en un intervalo de tiempo determinado, considerando las condiciones geométricas, de tráfico y de control presentes. Este valor depende principalmente del acceso que primero alcanza la

saturación. La capacidad de una vía, representada como q_m , corresponde a la tasa máxima de flujo que puede soportar un carril o calzada, incluyendo tanto vehículos como peatones, bajo las condiciones actuales de tránsito e infraestructura.

En la mayoría de los estudios de capacidad, se emplea un intervalo de 15 minutos, considerado el tiempo mínimo necesario para que el flujo vehicular se estabilice. Los volúmenes obtenidos en este intervalo se extrapolan a una tasa horaria, determinando así la capacidad máxima por hora de la vía o intersección. Condiciones de tráfico, que incluyen volúmenes de cada aproximación, distribución de vehículos por tipo y movimiento, ubicación y uso de paradas de transporte público, flujo de peatones y maniobras de estacionamiento dentro del área de la intersección.

1. **Condiciones geométricas de la vía**, considerando número y ancho de carriles, pendientes, diseño de la intersección y asignación de espacios para estacionamiento.
2. **Condiciones de semaforización**, que abarcan la definición de fases, tiempos de cada luz, tipo de control y evaluación de la progresión para cada grupo de vías.

Finalmente, se distingue entre sistemas viales de circulación continua, donde no existen elementos que interrumpan el flujo, y sistemas de circulación discontinua, donde semáforos, señales de alto o ceda el paso y otros dispositivos producen interrupciones periódicas, afectando directamente la capacidad de la intersección (Flores Lozano, 2024).

2.1.14. Software de simulación de tráfico: Synchro 8.0

Synchro 8.0 es un software desarrollado por Trafficware que permite el análisis y optimización de sistemas de tráfico a un nivel macroscópico. En principio, Synchro 8.0 implementa las metodologías de los Capítulos 15, 16 y 17 del Manual de Capacidad de Carreteras-HCM 2016; sin embargo, también existen algunas diferencias con respecto al HCM, entre las cuales se destaca un método alternativo para el cálculo de demoras, denominado Método Percentil de Demoras. Adicionalmente, Synchro 8.0 calcula directamente el factor de progresión (PF) e incorpora un término para la demora por bloqueo debido a la interacción de colas. A continuación, se describen brevemente las principales consideraciones empleadas por Synchro 8.0.

2.1.14.1. Ajuste de la demanda

Synchro 8.0 divide los volúmenes de tráfico entre el FHP para determinar la tasa de flujo durante el periodo de 15 minutos más cargado durante la hora, tal cual es indicado por el HCM.

2.1.14.2. Ajuste de la oferta

Para el cálculo de la tasa de flujo de saturación, Synchro 8.0 emplea el valor por defecto para la tasa de flujo de saturación ideal de 1900 veh/h/carril y la ajusta automáticamente con los factores correspondientes. Sin embargo, también es posible emplear un valor de flujo de saturación directo, en caso de que este haya sido determinado.

2.1.14.3. Determinación de la capacidad

Para el cálculo de la relación volumen-capacidad (v/c), Synchro 8.0 incorpora todos los ajustes y estimaciones del HCM 2016, pero adicionalmente provee un método alternativo denominado ICU (Intersection Capacity Utilization)

2.1.14.4. Determinación de las medidas de eficiencia

A. Demoras Synchro 8.0

Determina la demora por control y la demora por cola, con las que se obtiene la demora total. Es decir:

$$demora\ total = demora\ por\ control + demora\ por\ cola \dots(49)$$

La demora por control de Synchro 8.0 es utilizada para el análisis de los efectos de coordinación, actuación y congestión; siendo el componente de demora generado por el dispositivo de control. La demora por cola de Synchro 8.0 incorpora los efectos de interacción de colas: spillback, starvation y bloqueos en tramos cortos o bahías cortas.

B. Método de Webster (HCM)

Bajo esta modalidad, Synchro 8.0 emplea la ecuación de demora del HCM a la que denomina también Fórmula de Webster. Synchro 8.0 no utiliza el término d_3 , el cual incorpora la demora por cola inicial ($d_3 = 0$); pero además calcula explícitamente la demora con los efectos de coordinación, por lo que determina directamente el factor de progresión PF.

$$PF = DelayCoord / DelayUnCoord \dots(50)$$

Donde:

PF: factor de progresión.

DelayCoord: demora uniforme calculada por Synchro con coordinación.

DelayUncoord: demora uniforme calculada por Synchro asumiendo llegadas aleatorias.

C. Método de demora percentil

La demora promedio para un grupo de carriles en un semáforo de tiempo fijo está representada por el área del triángulo y la altura del mismo representa la máxima extensión de la cola.

De las relaciones geométricas de la figura anterior; es empleada por Synchro 8.0 para el cálculo de la demora promedio uniforme por vehículo para un escenario percentil determinado.

$$d_p = 0.5C \frac{\left[1 - \left(\frac{g}{C}\right)\right]^2}{\left[1 - X\left(\frac{g}{C}\right)\right]} \dots(51)$$

Donde:

dp: demora uniforme por vehículo, para el escenario percentil "p" (s/veh).

X: grado de saturación.

C: longitud de ciclo (s).

g: tiempo de verde efectivo (s).

La Ecuación 59 es idéntica a la fórmula de "Webster" (HCM) para d_1 pero la diferencia principal entre el Método Percentil y "Webster" radica en la determinación del tiempo de verde y el manejo bajo condiciones casi saturadas o sobresaturadas.

D. Escenarios percentil

Durante el periodo de análisis los vehículos no llegan a la intersección de manera uniforme pues algunos ciclos podrían tener mayor tráfico que otros. Por lo tanto, para incorporar los efectos de la variación del tráfico, Synchro 8.0 modela el flujo bajo cinco escenarios percentil: 10°, 30°, 50°, 70° y 90°. Por ejemplo, si 100 ciclos son observados, el ciclo de percentil-90 ó 90° será el nonagésimo ciclo más cargado. Cada uno de estos escenarios representará un 20% de los ciclos que realmente ocurren. Synchro 8.0 ajusta los volúmenes de tráfico para cada escenario hacia arriba o hacia abajo de tal manera que al final se obtenga la demora media percentil; para lo cual emplea la Ecuación.

$$v_p = v + \left(z \sqrt{v * C / 3600} \right) * \frac{3600}{C}, \quad \text{con } v_p \geq 0 \quad \dots(52)$$

Donde:

v_p : volumen ajustado para el percentil "p" (veh/h).

v : volumen sin ajustar (veh/h).

z : número de desviaciones estándar

C : longitud de ciclo (s).

Para el caso de una intersección semaforizada no saturada con llegadas uniformes y semáforo de tiempo fijo, la demora media percentil se obtiene mediante la aplicación de la Ecuación.

$$d_1 = \frac{d_{10} + d_{30} + d_{50} + d_{70} + d_{90}}{(v_{10} + v_{30} + v_{50} + v_{70} + v_{90}) * C / 3600} \dots(53)$$

Donde:

d1: demora media percentil (s/veh).

dp: demora vehicular uniforme para el escenario percentil “p” (s/veh).

vp: volumen percentil “p” (veh/h).

C: longitud de ciclo (s).

Si el volumen excede la capacidad para un determinado escenario percentil; se emplea la capacidad en lugar del volumen para el cálculo de la demora uniforme. Para condiciones de congestionamiento Synchro 8.0 aplica la Ecuación.

$$d_p = 0.5 * \frac{s}{3600} * \frac{\left[1 - \left(\frac{g}{C}\right)\right]^2}{C} \dots(54)$$

Donde:

dp: demora vehicular para el escenario percentil “p” (s/veh).

s: tasa de flujo de saturación (veh/h).

C: longitud de ciclo (s).

g: verde efectivo (s).

E. Sobresaturación y colapsos del ciclo

Para tramos cerca o por encima de su capacidad, la demora percentil tendrá dos componentes y se obtendrá mediante la Ecuación.

$$d = d_1 + d_2 \dots(55)$$

Donde:

d: demora total percentil (s/veh).

d1: demora media uniforme, de los escenarios percentiles (s/veh).

d2: demora incremental (s/veh).

Conforme el volumen se aproxima a la capacidad, algunos o todos los vehículos no serán acomodados durante el primer ciclo. Synchro 8.0, al igual que el HCM, incluye un término por demora incremental (d2) para tomar en cuenta las demoras de vehículos que esperan por ciclos extras. En ambos modelos d2 incorpora las demoras debidas a situaciones cercanas a la saturación o debidas a sobresaturación. Por lo tanto, la demora incremental de Synchro 8.0 se calcula empleando la misma fórmula que utiliza el HCM.

F. Nivel de servicio de la intersección

Para intersecciones semaforizadas, el nivel de servicio de la intersección es calculado de la misma manera que al emplear el HCM; tomando en cuenta la demora total de la intersección.

G. Cálculo de longitudes de cola

Synchro 8.0 calcula los percentiles de cola 50° y 95°, que representan la máxima extensión de cola. Como los vehículos pueden seguir llegando a la cola incluso luego de iniciado el verde, la máxima extensión de cola será representada por la altura del triángulo (Q). Nótese que Synchro 8.0 no considera como parte de la cola a los vehículos que experimentan demoras menores de 6 segundos.

De las relaciones obtenidas en la figura anterior, Synchro 8.0 calcula la extensión de la cola empleando la Ecuación.

$$Q = \frac{v}{3600} * (r - 6) * \left[1 + \frac{1}{(s/v) - 1} \right] * \frac{L}{N * f_{LU}} \dots(56)$$

Donde:

Q: extensión de la cola (pies).

v: volumen o tasa de llegadas (veh/h).

s: tasa de flujo de saturación (veh/h).

r: rojo efectivo (s).

L: espaciamiento de vehículos, largo + brecha (pies).

N: número de carriles.

fLU: factor de utilización de carril.

Si $v/c > 1$, la longitud de cola es teóricamente infinita, por lo que Synchro 8.0 calcula Q' como la máxima cola luego de dos ciclos.

$$Q' = (v * (C - 6) + \left(v - s * \frac{g}{C} \right) * \frac{C}{3600}) \dots(57)$$

Para el percentil de cola 50° el tráfico es promedio, por lo tanto Synchro 8.0 no emplea volúmenes ajustados. Por otro lado, para el percentil de cola 95° Synchro 8.0 incrementa el volumen de llegadas para considerar las fluctuaciones del tráfico.

$$v_{95} = v * \min(FHP, 0.9) * \left(1 + 1.64 * \frac{\sqrt{v_c}}{v_c} \right) \dots(58)$$

Donde:

v_{95} : volumen ajustado (veh/h).

v : volumen no ajustado (veh/h).

FHP: factor de hora pico.

v_c : vehículos por ciclo, $v_c = vC/3600$.

2.4. Definición de términos básicos.

1. Capacidad de vías rápidas. Máxima tasa de volumen sostenida por 15 minutos a la cual el tránsito circula por una sección determinada en una dirección, con condiciones prevalecientes.
2. Ciclo semafórico: Un ciclo semafórico es el período completo en que un semáforo recorre todas sus fases (verde, amarillo y rojo) en una intersección. Su correcta programación, ya sea fija o adaptativa, permite regular el flujo vehicular y peatonal, optimizar

la capacidad de la vía, reducir tiempos de espera y disminuir la congestión.

3. Composición del tránsito: Vehículos pesados o de transporte público expresados (excluyendo vehículos livianos, con una relación peso/potencia similar a vehículos privados) como un porcentaje del volumen horario de diseño.
4. Composición de los volúmenes: Los volúmenes de tránsito están compuestos por unidades muy heterogéneas, cuyas características afectan al flujo de tránsito e intervienen en el diseño geométrico y estructural de las vías.
5. Condiciones prevalecientes: Son las condiciones en las cuales se encuentra la arteria, afectando el volumen de vehículos.
6. Condiciones de la vía - Geometría que afecta la capacidad.
7. Densidad: Cantidad de vehículos ocupando un tramo de vía en un instante dado (VPK).
8. Densidad de tránsito: Es el número de vehículos que ocupan una unidad de longitud de carretera en un instante dado. Por lo general se expresa en vehículos por kilómetro.
9. Distribución direccional: Es el volumen durante una hora en particular en el sentido predominante expresado como un porcentaje del volumen en ambos sentidos durante la misma hora.
10. Factor de la hora de máxima demanda: relación del volumen de la hora de máxima demanda a la tasa de volumen máxima dentro de la hora pico.

11. Intensidad o volumen medio diario (VMD): Es el volumen total que pasa por una sección transversal o por un segmento de una carretera, en ambos sentidos, durante un año, dividido entre el número de días en el año. Se puede obtener también para un solo sentido.
12. Relación entre el volumen horario de diseño (VHD) y el volumen medio diario (VMD): El volumen horario de diseño se expresa a menudo como un porcentaje del volumen medio diario. El rango normal está entre un 12% y un 18 % para ambos sentidos, y un 16% a un 24% para un solo sentido.
13. Tasa de flujo: Expresión horaria del de la cantidad de vehículos que pasa por una sección de vía por un periodo menor a una hora.
14. TPDA ó VDPA ó IMDA: Volumen diario promedio anual.
15. TPDS o VDPS: volumen promedio diario semanal.
16. Tramo homogéneo: sección de la carretera con características geométricas o volumen de tránsito similar.
17. Transito anual (TA), es el número de vehículos que pasan durante un año.
18. Tránsito diario (TD), es el número total de vehículos que pasan durante un día.
19. Tránsito horario (TH), es el número de vehículos que pasan durante una hora.
20. Transito mensual (TM), es el número de vehículos que pasan durante un mes.

21. Transito semanal (TS), es el número de vehículos que pasan durante una semana.
22. VDP: Volumen diario promedio.
23. Velocidad: Tasa de movimiento del tránsito.
24. Velocidad de marcha: Distancia total recorrida dividida por el tiempo requerido en recorrerla.
25. Velocidad de marcha promedio: Distancia total recorrida por todos los vehículos en el volumen de tránsito, dividida por el tiempo de viaje total para todos los vehículos.
26. Velocidad de proyecto: Es la velocidad máxima (segura) que se puede mantener sobre un tramo específico de vía cuando las condiciones son lo suficientemente favorables para que las características de diseño de la vía gobiernen la operación del vehículo.
27. Velocidad de punto: Velocidad a la cual un vehículo pasa un punto en la vía.
28. VHDD: Volumen Horario Direccional de Diseño.
29. $VHDD = VDPA \times K \times D$ donde, $K = \%$ de VDPA en la hora de máxima demanda $D = \%$ de volumen en la hora de máxima demanda en la dirección mas marcada.
30. Volumen: Cantidad de vehículos que pasa sobre una sección de vía durante un periodo de tiempo.
31. Volumen en hora de máxima demanda: Es la cantidad de vehículos que pasa sobre una sección de vía durante 60 minutos consecutivos.

32. Volumen horario: Es el número de vehículos que pasan por un punto en un periodo de tiempo de una hora. El volumen horario de máxima demanda es el máximo número de vehículos que transcurren durante 60 minutos consecutivos, denominados también "Horas Punta". Estos volúmenes proyectados se emplean para planificar obras, proyectar los detalles geométricos de las vías, determinar su posible deficiencia en capacidad y planear programas para regular el tránsito, de acuerdo al nivel de servicio que se le asigne.
33. Volumen horario de diseño (VHD): Es el volumen horario futuro utilizado para diseño.
34. Volúmenes de tránsito: Es el número de vehículos que pasa un punto determinado durante un periodo específico de tiempo.
35. Vía de evitamiento: Una vía de evitamiento es una carretera diseñada para desviar el tráfico de paso fuera del centro urbano, con el fin de reducir la congestión y los conflictos entre vehículos locales y de tránsito. Su función principal es mejorar la circulación y disminuir los tiempos de viaje dentro de la ciudad.

CAPÍTULO III

PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis general

La implementación de un ciclo semafórico dinámico en horas punta incrementa en un 20% la capacidad vehicular en la vía de Evitamiento tramo: desde la Rotonda Musical hasta la intersección con el Jirón el Angamos de la ciudad de Cajamarca.

3.2. Variable

3.2.1. Variable dependiente

Capacidad vehicular.

3.2.2. Variable independiente

Ciclo semafórico.

Flujo Vehicular.

3.4. Matriz de operacionalización de variables

Tabla 8

Operacionalización de variables.

Título: “EVALUACIÓN DINÁMICA DEL ESTADO DE LOS CICLOS SEMAFÓRICOS EMPLEANDO MÉTODOS PROBABILÍSTICOS DE LA VÍA DE EVITAMIENTO, TRAMO: LA ROTONDA MUSICAL – INTERSECCIÓN CON EL JIRÓN ANGAMOS – CIUDAD DE CAJAMARCA”					
Hipótesis	Definición conceptual de las variables.	DEFINICIÓN OPERACIONAL DE LAS VARIABLES			
		VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	Fuentes de recolección de datos.
<p>Hipótesis General:</p> <p>La implementación de un ciclo semafórico dinámico en horas punta incrementa en un 20% la capacidad vehicular en la vía de Evitamiento tramo: desde la Rotonda Musical hasta la intersección con el Jirón el Angamos de la ciudad de Cajamarca.</p>	<p>Capacidad vehicular: La máxima tasa horaria a la cual los vehículos pueden razonablemente esperarse que atraviesen un punto o un tramo uniforme de una vía durante un período dado, bajo las condiciones prevalecientes de la vía, el tránsito y el control. (HCM 2016)</p> <p>Ciclo Semafórico: Es el tiempo que transcurre desde que un semáforo inicia una secuencia de colores (verde → ámbar → rojo) hasta que esa misma secuencia completa se repite en una intersección bajo el mismo controlador. (Morales y Pacovilca, 2023)</p> <p>Flujo Vehicular: La tasa a la cual los vehículos pasan por un punto o sección de una vía durante un intervalo de tiempo determinado. (HCM 2016)</p>	<p>Capacidad vehicular.</p>	Vehículos por hora (veh/h)	Flujo máximo de vehículos que puede pasar por un punto o tramo de vía.	Datos dados por el programa de simulación de tráfico Synchrho 8.
		<p>Ciclo Semafórico</p>	Tiempos de duración en segundos de verde, ámbar y rojo. (Seg)	Duración de fases individuales.	Cálculo manual, basado en la variación del flujo vehicular (yi)
		<p>Flujo Vehicular</p>	Vehículos por hora (veh/h)	Flujo vehicular	Aforo manual mediante el uso de tablas.

CAPÍTULO IV

MARCO METODOLÓGICO

4.1. Ubicación geográfica

Departamento: Cajamarca.

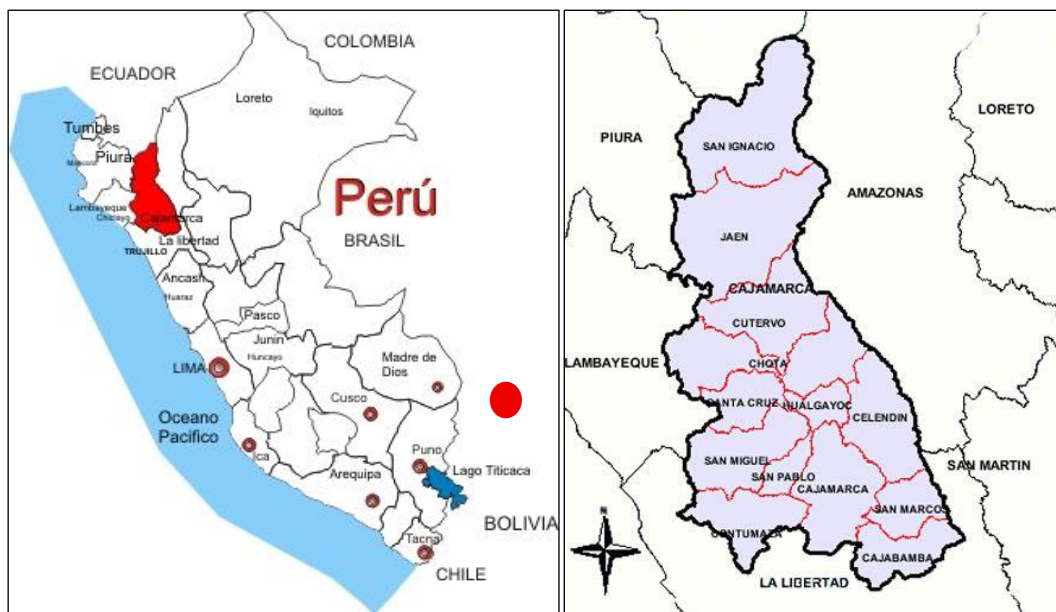
Provincia: Cajamarca.

Distrito: Cajamarca

El estudio se realizó en las intersecciones semaforizadas de la vía de evitamiento, tramo: Rotonda Musical – Intersección con el Jr. Angamos de la ciudad de Cajamarca.

Figura 5

Ubicación del Departamento, Provincia y Distrito de Cajamarca



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

Figura 6

Croquis de zona en estudio- Vía de evitamiento, Tramo: Rotonda musical a intersección con Jr. Angamos

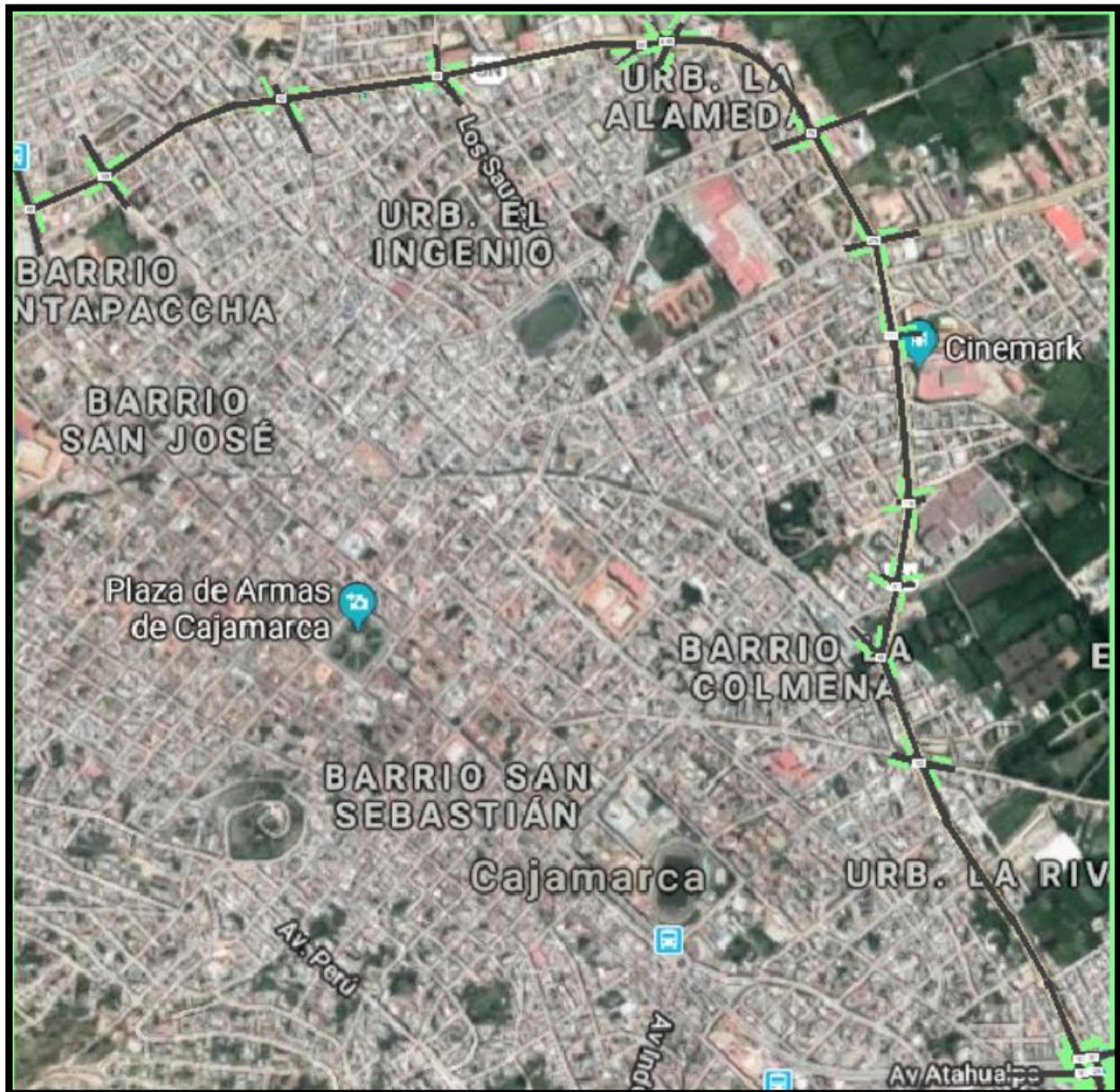


Figura 7

Croquis de zona en estudio- Vía de evitamiento, Tramo: Rotonda musical a intersección con Jr. Angamos

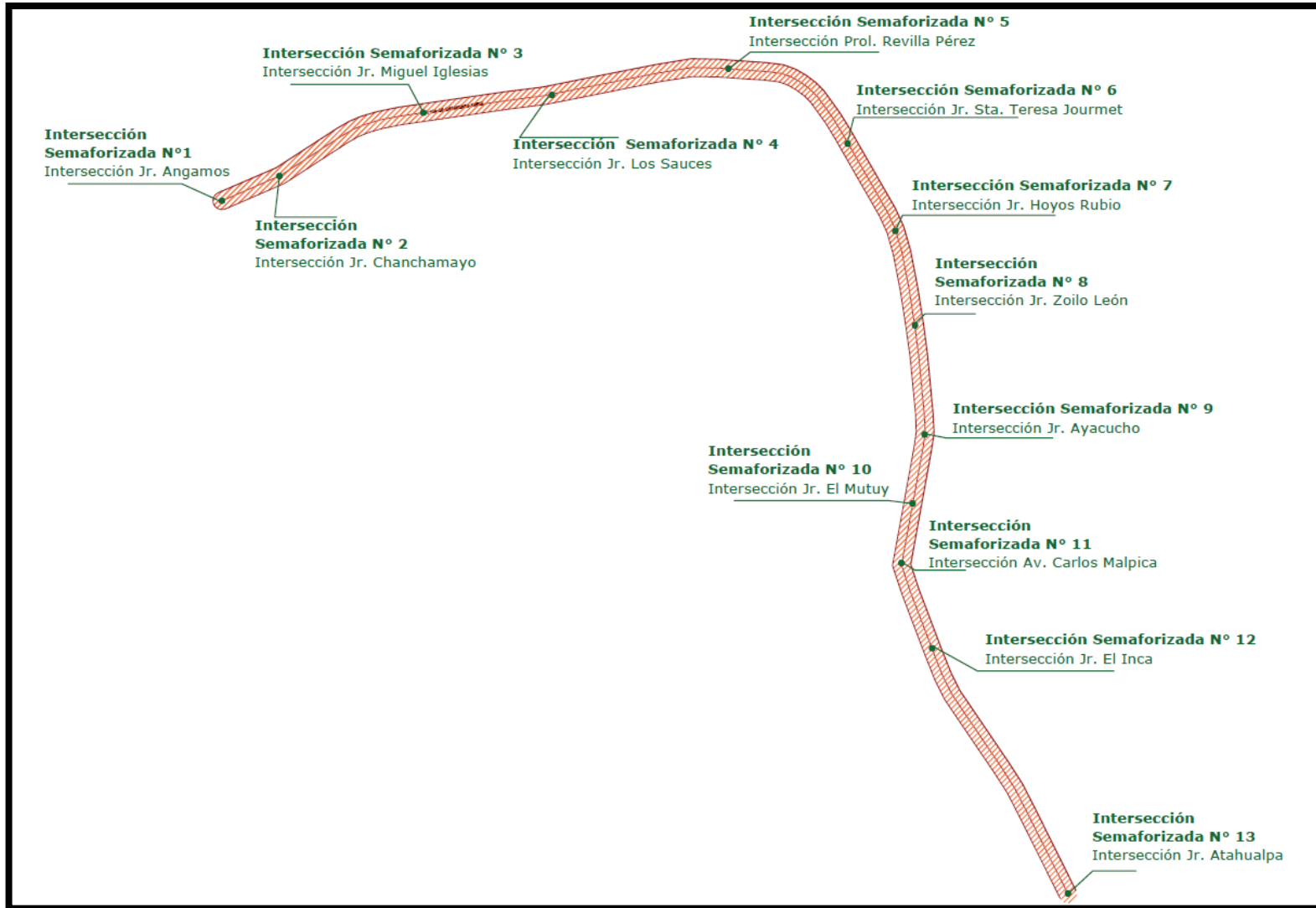


Tabla 9

Coordenadas UTM para cada intersección estudiada.

COORDENADAS DE LAS INTERSECCIONES ESTUDIADAS EN LA VÍA DE EVITAMIENTO		
Intersección en Estudio	Coordenadas UTM	
	ESTE	NORTE
01 Jr. Angamos	773462.8369	9209129.1238
02 Jr. Chanchamayo	773624.8133	9209197.6102
03 Jr. Miguel Iglesias	774027.6701	9209375.6172
04 Jr. Los Sauces	774375.3589	9209427.6928
05 Prol. Revilla Pérez	774896.6812	9209499.6993
06 Jr. Sta Teresa Joourmet	775213.2326	9209295.0029
07 Jr. Hoyos Rubio	775357.0026	9209047.7081
08 Jr. Zoilo León	775407.8486	9208780.8513
09 Jr. Ayacucho	775436.2915	9208476.8594
10 Jr. El Mutuy	775403.4071	9208273.5161
11 Av. Carlos Malpica	775371.2750	9208112.6753
12 Jr. El Inca	775455.5541	9207878.5557
13 Jr. Atahualpa	775832.3705	9207192.7062

4.2. Población, muestra, unidades de análisis y unidades de observación

4.2.1. Población

Intersecciones semaforizadas de la ciudad de Cajamarca.

4.2.2. Muestra

13 intersecciones semaforizadas de la Vía de Evitamiento tramo: la Rotonda Musical – intersección con el Jr. Angamos – ciudad de Cajamarca.

4.3. Unidad de análisis

Ciclos semafóricos en las intersecciones en estudio y la influencia que genera la variación del periodo de duración de cada ciclo para lograr un incremento positivo en la capacidad vehicular de cada intersección.

4.4. Unidad de observación

Flujos vehiculares en las intersecciones en estudio.

4.5. Métodos de investigación

La investigación será correlacional, de tipo Cuantitativo – Descriptivo. La fuente de datos será primaria, y los datos serán procesado mediante modelos matemáticos y probabilísticos. Para observar el comportamiento de las variables.

4.6. Tipo de investigación

La investigación tendrá como finalidad ser aplicada, por su alcance temporal será de tipo transversal o transeccional, y en un nivel correlacional.

4.7. Diseño de investigación

La investigación será correlacional, analizando la relación entre la variable independiente y dependiente, que consiste en evaluar cada intersección semaforizada que se detallan en el croquis de la vía, considerando aforos diarios, con datos de 7 días, con estos datos se analizará el comportamiento del flujo vehicular diario, con la finalidad de encontrar los picos más altos y bajos durante el día y proponiendo ciclos vehiculares variables de 24 horas, con la herramienta Synchro 8.0 modelaremos la vía a fin de evaluar los índices de tránsito de la vía de evitamiento y en cuanto mejora el flujo vehicular.

4.8. Técnicas e instrumentos de recopilación de datos

4.8.1. Técnicas

Observación Directa: La información se obtendrá de forma directa mediante la técnica de la observación, realizando conteos de los flujos vehiculares de un día en la intersección en estudio.

Investigación documental: Se empleó el uso de tablas de aforos y cálculo de capacidad vehicular, también el uso de los planos de catastro de la ciudad de Cajamarca y el plano del instituto geográfico nacional (IGN) actualizados al 2026.

4.8.2. Instrumentos

Formato digital de aforo vehicular.

Se desarrollo un aplicativo digital para el aforo mediante el uso de teléfonos, los datos se calcularon mediante el conteo de vehículos según el sentido y categoría de cada uno. Se realizaron en cada una de las 13 intersecciones semaforizadas en estudio, en un periodo de 12 horas tomando en cuenta intervalos de 15 minutos.

4.9. Técnicas de procesamiento y análisis de información

Los datos tomados a las intersecciones semaforizadas de la vía de evitamiento comprendidas a partir de la rotonda musical hasta la intersección con el Jr. Angamos; se evaluaron según su variación diaria en horas y comparando la variación de una con respecto a la otra, luego se calcularon ciclos óptimos variables para cada hora del día, los cuales fueron introducidos al software de simulación de tráfico Synchro 8.0, mediante el cual medimos la capacidad máxima vehicular en una hora de cada intersección, la cual soporta a una variación de duración del ciclo óptimo del 80% al 120%, estos resultados nos mostrarán cuanto amplia el rango de soporte vehicular de una intersección semaforizada aplicando un ciclo semafórico dinámico.

4.10. Matriz de consistencia metodológica

Tabla 10

Matriz de Consistencia Metodológica

Título: “EVALUACIÓN DINÁMICA DEL ESTADO DE LOS CICLOS SEMAFÓRICOS EMPLEANDO MÉTODOS PROBABILÍSTICOS DE LA VÍA DE EVITAMIENTO, TRAMO: LA ROTONDA MUSICAL – INTERSECCIÓN CON EL JIRÓN ANGAMOS – CIUDAD DE CAJAMARCA”								
Formulación del Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables/ Categorías	Dimensiones/ Factores	Indicadores/ Cualidades	Fuente o instrumento de recolección de datos	Metodología	Población y Muestra
<p>Pregunta General:</p> <p>¿En cuánto incrementa la implementación de un ciclo semafórico dinámico la capacidad vehicular en la Vía de Evitamiento tramo: desde la Rotonda Musical hasta la intersección con el Jirón el Angamos de la ciudad de Cajamarca?</p>	<p>Objetivo General:</p> <p>Evaluar dinámicamente la variación de la capacidad vehicular en una intersección aplicando un ciclo semafórico dinámico a lo largo de la Vía de Evitamiento entre la Rotonda Musical y la intersección con el jirón Angamos de la ciudad de Cajamarca.</p>	<p>Hipótesis General:</p> <p>La implementación de un ciclo semafórico dinámico en horas punta incrementa en un 20% la capacidad vehicular en la vía de Evitamiento tramo: desde la Rotonda Musical hasta la intersección con el Jirón el Angamos de la ciudad de Cajamarca.</p>	<p>Variable Dependiente:</p> <p>Ciclo semafórico</p> <p>Flujo Vehicular</p>	<p>Tiempos de duración en segundos de verde, ámbar y rojo. (Seg)</p> <p>Vehículos por hora (veh/h)</p>	<p>Duración de fases individuales.</p> <p>Flujo vehicular</p>	<p>Información Directa.</p> <p>Cálculo manual, basado en la variación del flujo vehicular (yi)</p> <p>Aforo manual mediante el uso de tablas.</p>	<p>Tipo de Investigación:</p> <p>Cuantitativo - Descriptivo.</p>	<p>Población:</p> <p>Intersecciones semaforizadas de la ciudad de Cajamarca.</p>
	<p>Objetivos Específicos:</p> <p>Determinar el aforo vehicular en las intersecciones en estudio. Medir los ciclos semafóricos en las intersecciones en estudio. Diseñar un de ciclo semafórico dinámico. Determinar la capacidad vial en las intersecciones en estudio para los empleando el software Synrho.</p>		<p>Variables Independientes:</p> <p>Capacidad Vehicular</p>	<p>Vehículos por hora (veh/h)</p>	<p>Flujo máximo de vehículos que puede pasar por un punto o tramo de vía.</p>	<p>Datos dados por el programa de simulación de tráfico Synrho 8.</p>	<p>Diseño Específico:</p> <p>Correlacional.</p>	<p>Muestra:</p> <p>13 intersecciones semaforizadas de la Vía de Evitamiento tramo: la Rotonda Musical – intersección con el Jr. Angamos – ciudad de Cajamarca.</p>

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Presentación de resultados

5.1.1. Aforos vehiculares

Una de las partes más importantes de la investigación fue el aforo a las intersecciones semaforizadas de la vía de evitamiento; se tomaron 10 mediciones a cada intersección en intervalos de 15 minutos durante un lapso de 12 horas, estas mediciones se llevaron a cabo durante los meses de noviembre y diciembre del año 2018; con el fin de simular la vía en el software, para el aforo se empleó presente la tabla 6, en la que se empleó una categorización vehicular detallada por cada intervalo de tiempo y cada ciclo como se muestra.

Tabla 11

Tabla usada para aforar las intersecciones – Ejemplo de aforo.

Intervalo de Tiempo	FLUJO	Motos		Vehiculos Livianos			Bus			Camion			Trailes			Veh. Especiales				
		Motocicleta	Mototaxi/moto	Auto	Camioneta	Minivan	Combi	Custer	2 ejes	3 a más ejes	Pequeño	2 ejes	3 ejes a mas	3 ejes	4 a más ejes	2 cuerpos	Camion	Ambulancia/	Grúa o	Maquinaria
6.45 - 7.00	1		10	25	9	1														
	2	1	9	21	5		2				1			1					1	
	3	2	30	25	6			1												
	4	5	25	31	7	1			2					1				1		
	5		26	40	1		3					1								
	6		31	15	5															

5.1.2. Cálculo de flujos vehiculares

Los aforos de cada intersección se realizaron en intervalos de 15 minutos desde las 7:00 am hasta las 7:00 pm, así mismo se hizo el cálculo de los vehículos equivalentes.

$$Ve = M * 75 + B * 3 + C * 2.5 + A * 1 \dots(66)$$

Donde:

Ve: Vehículos equivalentes.

M: Motos.

B: Buses.

C: Camiones.

A: Vehículos Livianos

Empleando la ecuación se calculan la cantidad de vehículos equivalentes por cada flujo en cada intervalo de 15 minutos, este proceso se realiza para todas las intersecciones obteniendo los siguientes resultados.

5.1.2.1. Análisis de flujo vehicular: Intersección N° 1-Jr. Angamos

A continuación, se presenta el diagrama de flujos vehiculares conforme se aforaron, estos valores se procesan para obtener la cantidad de vehículos equivalentes para cada flujo presente en la intersección, también se analizó la composición vehicular.

Figura 8

Flujograma Aforo N° 1 – Intersección con Jr. Angamos

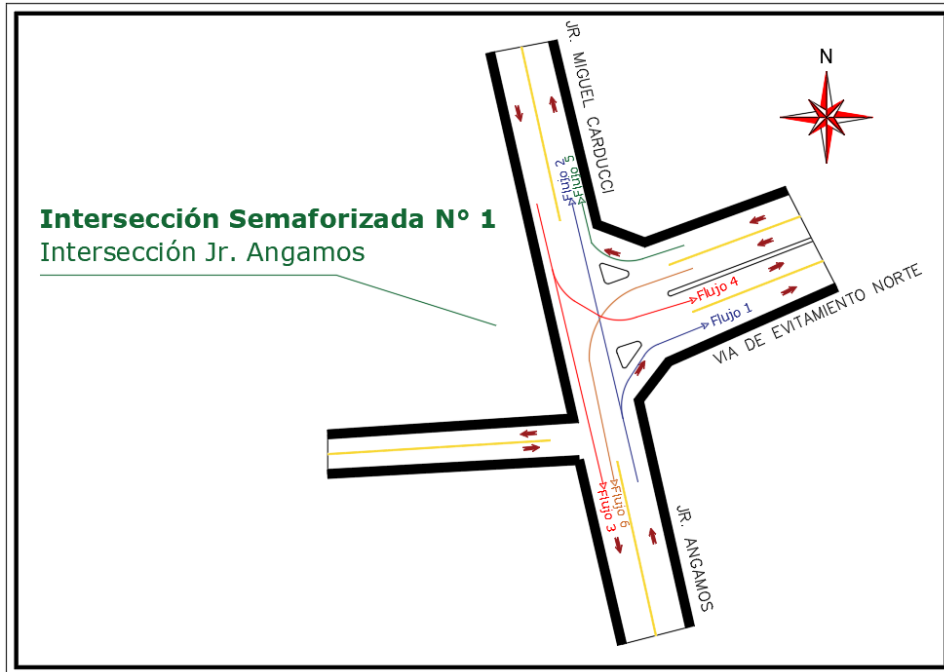


Figura 9

Composición vehicular de intersección con el Jr. Angamos

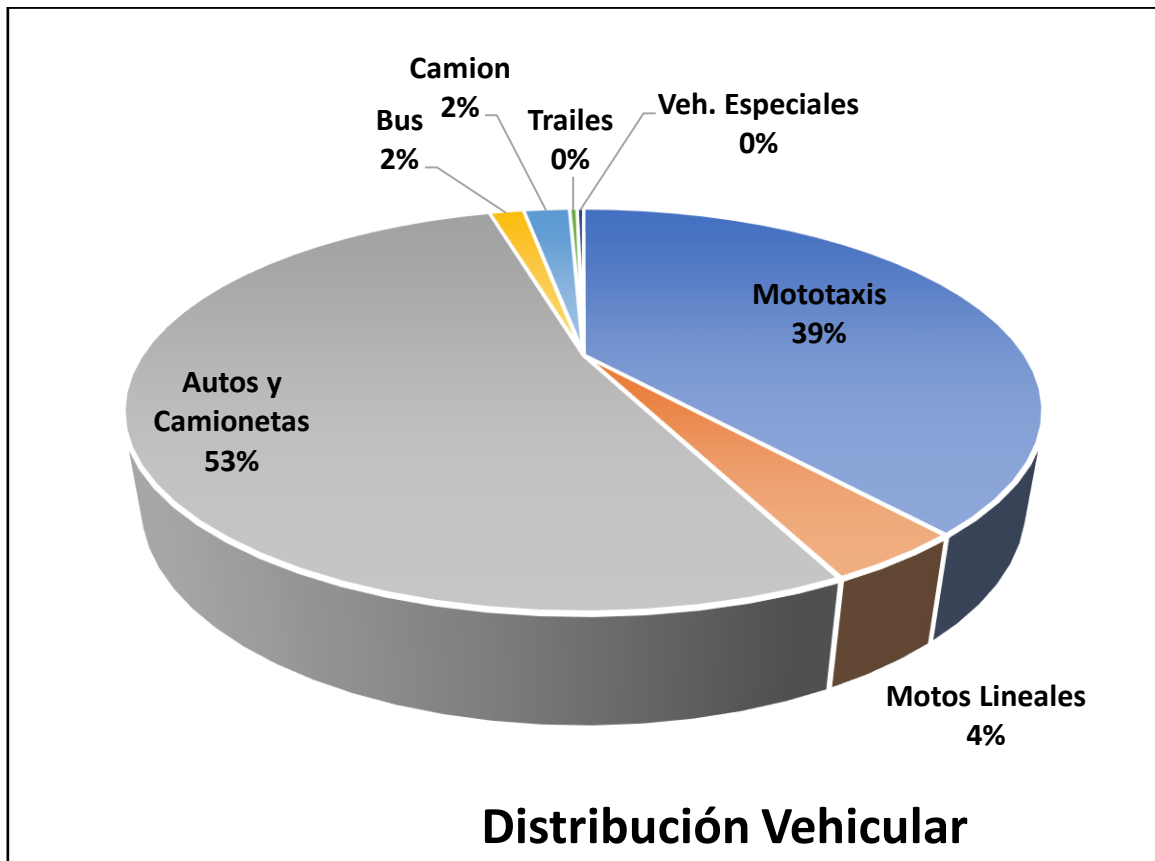


Tabla 12

Aforos vehiculares N° 1 – Intersección con el Jr. Angamos

Intersección Semaforizada N° 1 - Intersección con el Jr. Angamos.							
Intervalo de Tiempo		FLUJO					
		1	2	3	4	5	6
7:00 - 7:15		50	43	63	36	52	44
7:15 - 7:30		187	173	201	186	115	112
7:30 - 7:45		71	81	91	52	64	54
7:45 - 8:00		147	109	127	56	93	104
8:00 - 8:15		194	173	157	64	105	97
8:15 - 8:30		240	170	196	106	182	153
8:30 - 8:45		192	177	164	151	156	109
8:45 - 9:00		177	168	189	105	172	152
9:00 - 9:15		169	134	151	120	169	118
9:15 - 9:30		150	143	171	126	160	103
9:30 - 9:45		175	130	132	113	157	134
9:45 - 10:00		138	132	142	121	114	105
10:00 - 10:15		170	134	167	96	133	109
10:15 - 10:30		144	119	111	104	114	121
10:30 - 10:45		125	78	102	59	98	99
10:45 - 11:00		115	109	139	79	130	88
11:00 - 11:15		128	91	127	71	111	81
11:15 - 11:30		116	96	116	54	115	100
11:30 - 11:45		109	92	100	51	127	91
11:45 - 12:00		140	122	105	88	140	122
12:00 - 12:15		121	108	86	68	125	94
12:15 - 12:30		133	114	92	74	131	101
12:30 - 12:45		163	139	115	94	168	124
12:45 - 13:00		273	243	195	172	267	239
13:00 - 13:15		310	174	255	67	221	175
13:15 - 13:30		149	87	125	34	121	83
13:30 - 13:45		129	110	135	52	126	87
13:45 - 14:00		112	98	119	59	127	105
14:00 - 14:15		130	93	133	106	111	65
14:15 - 14:30		116	104	108	47	95	91
14:30 - 14:45		145	107	115	69	126	98
14:45 - 15:00		84	82	84	85	97	86
15:00 - 15:15		98	102	104	92	128	79
15:15 - 15:30		89	111	132	61	112	105
15:30 - 15:45		133	106	117	62	102	103
15:45 - 16:00		131	84	121	57	114	77
16:00 - 16:15		87	72	137	73	92	94
16:15 - 16:30		144	92	103	71	115	88
16:30 - 16:45		108	91	114	90	117	74
16:45 - 17:00		118	115	87	83	107	65
17:00 - 17:15		108	95	95	100	91	68
17:15 - 17:30		103	91	95	48	75	76
17:30 - 17:45		115	77	88	78	111	87
17:45 - 18:00		95	91	95	85	97	73
18:00 - 18:15		82	74	65	73	112	57
18:15 - 18:30		102	69	91	88	111	88
18:30 - 18:45		120	88	90	64	98	87
18:45 - 19:00		235	185	177	134	196	170

Tabla 13

Aforos vehiculares N° 1 – Intersección con el Jr. Angamos.

Flujo	Distribución Vehicular						
	Mototaxis	Motos Lineales	Autos y Camionetas	Bus	Camión	Tráiler	Veh. Especiales
1	2588	266	3525	105	141	24	20
2	2125	219	2894	87	116	19	17
3	2338	241	3185	95	127	21	18
4	1561	161	2127	64	85	14	12
5	2328	240	3171	95	127	21	18
6	1877	193	2556	76	102	17	15

5.1.2.2. Análisis de flujo vehicular: Intersección N° 2-Jr. Chanchamayo

A continuación, se presenta el diagrama de flujos vehiculares conforme se aforaron, estos valores se procesan para obtener la cantidad de vehículos equivalentes para cada flujo presente en la intersección, también se analizó la composición vehicular.

Figura 10

Flujograma Aforo N° 2 – Intersección con Jr. Chanchamayo

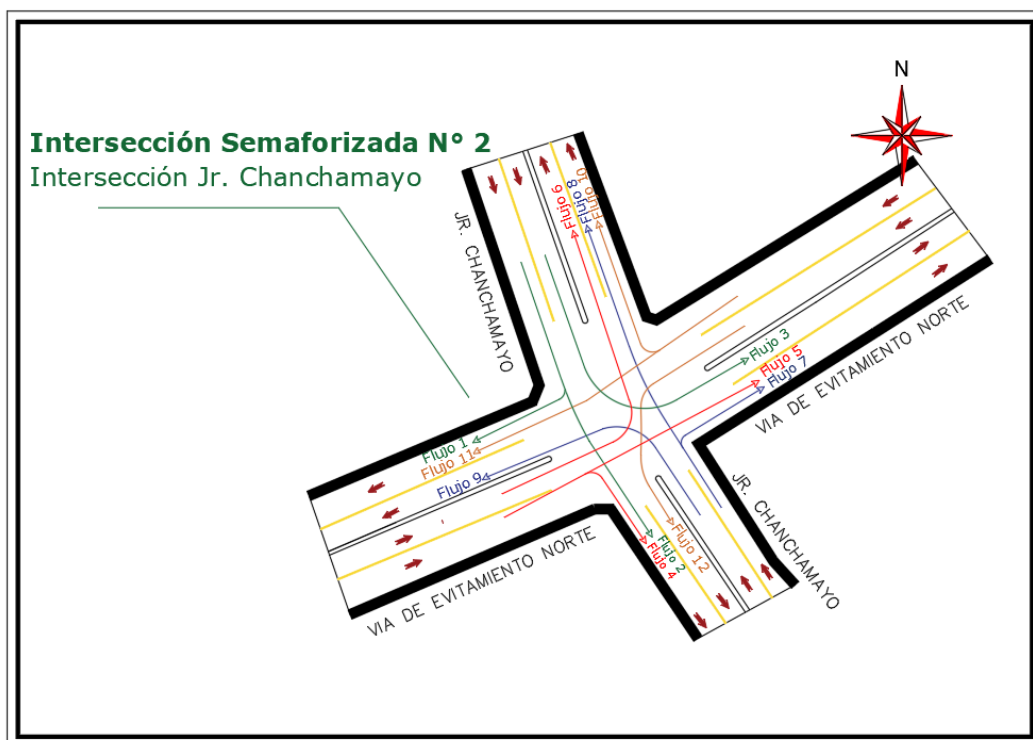


Figura 11

Composición vehicular de intersección con el Jr. Chanchamayo

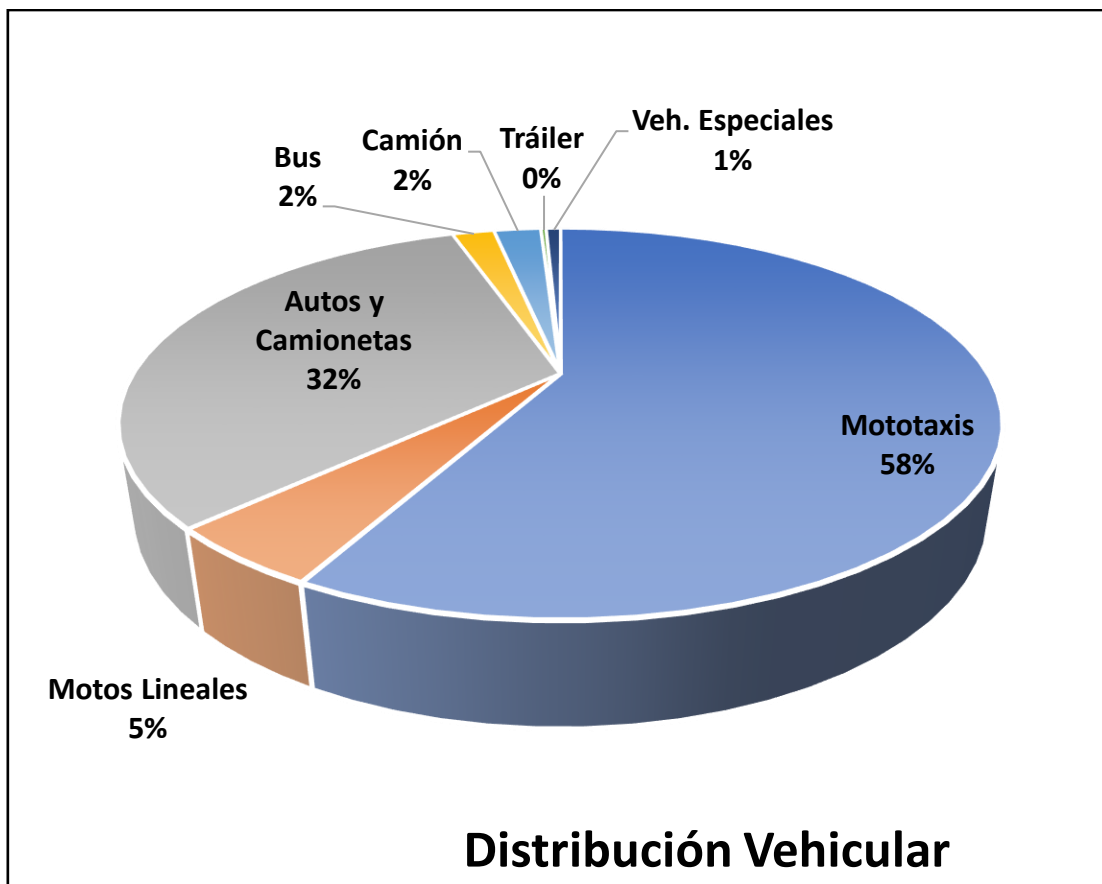


Tabla 14

Aforos vehiculares N° 2 – Intersección con el Jr. Chamchamayo

Flujo	Distribución Vehicular						
	Mototaxis	Motos Lineales	Autos y Camionetas	Bus	Camión	Tráiler	Veh. Especiales
1	261	22	145	9	10	1	3
2	971	83	541	33	37	4	12
3	1364	116	761	46	52	6	16
4	524	45	292	18	20	2	6
5	2311	197	1289	78	88	10	28
6	399	34	223	14	15	2	5
7	170	14	95	6	6	1	2
8	419	36	234	14	16	2	5
9	101	9	57	3	4	0	1
10	120	10	67	4	5	1	1
11	2260	193	1261	77	86	10	27
12	280	24	156	9	11	1	3

Tabla 15

Aforos vehiculares N° 2 – Intersección con el Jr. Chanchamayo.

Intersección SemafORIZADA N° 2 - Intersección con el Jr. Chanchamayo.													
Intervalo de Tiempo	Flujo												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
7:00 - 7:15	4	20	12	6	61	6	0	4	0	5	43	8	
7:15 - 7:30	13	6	20	8	71	9	7	12	7	3	52	7	
7:30 - 7:45	11	22	35	16	75	21	8	15	7	9	53	8	
7:45 - 8:00	7	16	20	5	77	6	5	10	2	8	64	5	
8:00 - 8:15	10	33	41	14	81	24	13	62	9	6	88	11	
8:15 - 8:30	8	51	44	16	68	13	12	22	6	6	86	12	
8:30 - 8:45	17	28	61	14	99	12	8	13	4	5	76	12	
8:45 - 9:00	9	46	48	31	106	16	12	24	4	8	88	18	
9:00 - 9:15	11	33	37	23	74	10	8	14	2	0	74	9	
9:15 - 9:30	9	67	56	20	105	17	6	22	6	4	91	11	
9:30 - 9:45	11	47	60	18	112	31	12	23	1	11	91	9	
9:45 - 10:00	10	41	48	19	97	18	10	0	5	0	110	19	
10:00 - 10:15	8	57	72	7	88	12	6	16	3	4	87	12	
10:15 - 10:30	12	39	41	28	95	14	8	6	2	4	78	11	
10:30 - 10:45	10	35	48	15	71	12	10	12	4	0	106	9	
10:45 - 11:00	9	62	53	18	109	12	9	17	5	9	94	9	
11:00 - 11:15	12	42	68	22	93	14	4	15	3	5	81	15	
11:15 - 11:30	6	32	52	17	114	7	6	8	4	7	87	10	
11:30 - 11:45	12	54	70	37	60	9	5	5	3	5	84	7	
11:45 - 12:00	5	37	56	22	91	15	4	15	0	2	71	9	
12:00 - 12:15	9	41	54	25	114	10	2	18	3	3	99	9	
12:15 - 12:30	13	49	61	28	130	13	4	22	4	4	113	11	
12:30 - 12:45	15	44	59	29	128	14	5	22	4	4	112	11	
12:45 - 13:00	21	63	78	39	168	20	6	31	6	6	151	17	
13:00 - 13:15	12	66	109	49	149	36	14	29	7	9	142	18	
13:15 - 13:30	5	29	51	23	85	15	6	13	3	4	71	8	
13:30 - 13:45	9	40	42	19	49	12	7	15	5	6	74	8	
13:45 - 14:00	6	33	39	32	58	12	5	9	8	3	57	8	
14:00 - 14:15	12	24	41	13	57	15	6	10	1	5	64	5	
14:15 - 14:30	3	23	35	7	45	18	4	11	4	0	54	8	
14:30 - 14:45	6	22	30	20	41	5	1	10	0	0	38	7	
14:45 - 15:00	3	16	44	9	62	16	0	11	4	0	53	8	
15:00 - 15:15	1	15	39	8	52	13	0	8	3	0	51	5	
15:15 - 15:30	6	30	35	19	65	6	7	3	3	4	92	10	
15:30 - 15:45	5	25	43	10	56	19	2	1	3	1	102	16	
15:45 - 16:00	6	22	27	7	56	3	6	8	3	4	73	6	
16:00 - 16:15	18	25	50	20	80	9	5	10	1	4	72	6	
16:15 - 16:30	10	27	28	19	69	14	6	23	6	12	80	6	
16:30 - 16:45	8	33	66	25	73	12	2	27	6	1	61	3	
16:45 - 17:00	13	34	33	14	64	12	5	10	0	0	98	10	
17:00 - 17:15	9	20	38	16	62	13	0	12	4	7	64	3	
17:15 - 17:30	6	26	45	9	52	6	7	15	6	5	54	17	
17:30 - 17:45	6	29	49	11	98	18	5	17	2	5	65	8	
17:45 - 18:00	7	26	45	8	68	13	7	5	4	2	55	7	
18:00 - 18:15	10	33	66	16	68	15	6	7	3	8	90	10	
18:15 - 18:30	15	44	52	35	97	15	5	20	1	4	83	8	
18:30 - 18:45	10	26	56	14	69	21	7	15	2	4	82	15	
18:45 - 19:00	19	48	103	29	134	41	12	28	6	8	157	32	

5.1.2.3. Análisis de flujo vehicular: Intersección N° 3-Jr. Miguel Iglesias

A continuación, se presenta el diagrama de flujos vehiculares conforme se aforaron, estos valores se procesan para obtener la cantidad de vehículos equivalentes para cada flujo presente en la intersección, también se analizó la composición vehicular.

Figura 12

Flujograma Aforo N° 3 – Intersección con Jr. Miguel Iglesias.

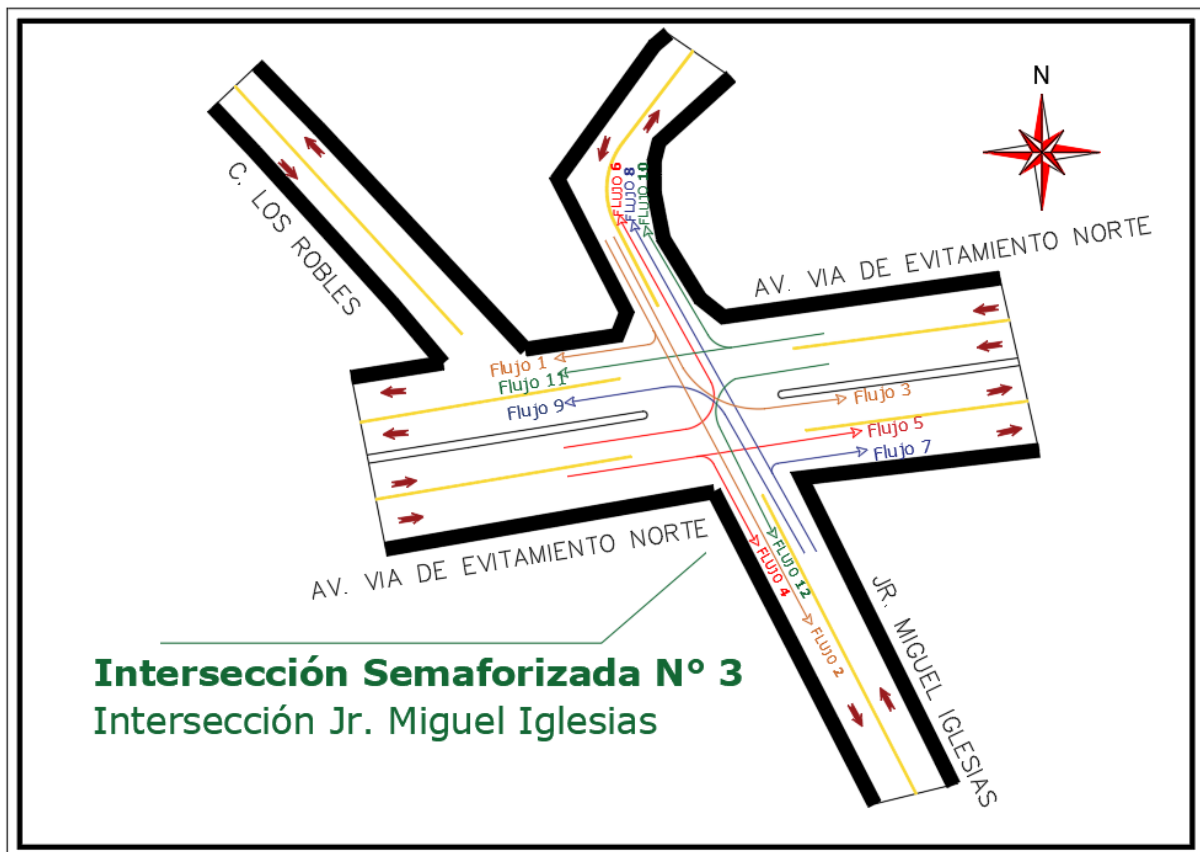


Tabla 16

Aforos vehiculares N° 3 – Intersección con el Jr. Miguel Iglesias.

Intersección Semaforizada N° 3 - Intersección con el Jr. Miguel Iglesias.												
Intervalo de Tiempo	Flujo											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
7:00 - 7:15	5	45	25	4	32	9	20	4	20	10	82	6
7:15 - 7:30	10	85	30	6	52	19	35	6	39	18	119	13
7:30 - 7:45	14	126	60	21	69	68	35	75	16	23	224	45
7:45 - 8:00	16	92	48	11	47	60	40	45	15	40	108	1
8:00 - 8:15	12	104	24	0	50	73	40	49	34	33	59	30
8:15 - 8:30	18	90	53	26	67	33	19	42	25	18	111	25
8:30 - 8:45	15	83	52	41	44	43	96	76	36	48	101	38
8:45 - 9:00	24	101	54	21	54	82	85	93	59	44	133	17
9:00 - 9:15	1	97	62	14	96	89	127	76	91	86	160	36
9:15 - 9:30	5	158	89	38	72	84	79	55	53	35	143	43
9:30 - 9:45	18	168	58	15	59	43	90	47	60	43	270	37
9:45 - 10:00	8	103	49	32	63	47	86	104	76	54	139	53
10:00 - 10:15	19	158	93	30	74	71	91	92	73	56	61	43
10:15 - 10:30	15	118	62	19	72	84	109	79	76	63	108	25
10:30 - 10:45	17	53	40	25	14	109	79	119	68	56	73	32
10:45 - 11:00	13	105	48	11	29	46	108	34	50	19	81	5
11:00 - 11:15	5	118	62	5	71	82	98	104	47	26	110	24
11:15 - 11:30	10	73	46	12	74	133	78	103	53	36	163	7
11:30 - 11:45	13	113	51	16	84	55	47	94	52	37	147	10
11:45 - 12:00	16	131	61	24	95	64	54	104	59	44	163	12
12:00 - 12:15	21	162	70	29	108	93	62	116	67	63	217	13
12:15 - 12:30	23	163	74	33	115	71	65	121	70	53	211	14
12:30 - 12:45	31	168	90	43	131	95	74	136	78	68	225	14
12:45 - 13:00	46	233	135	70	182	154	105	186	106	93	271	18
13:00 - 13:15	13	96	16	6	82	42	96	44	47	15	133	5
13:15 - 13:30	5	50	7	2	39	23	50	20	24	6	73	5
13:30 - 13:45	5	51	35	5	36	32	37	25	24	24	70	11
13:45 - 14:00	6	73	27	24	31	33	28	27	22	28	59	4
14:00 - 14:15	4	88	26	11	33	38	28	24	19	15	93	9
14:15 - 14:30	14	77	38	15	31	42	23	25	19	19	72	6
14:30 - 14:45	12	100	30	12	31	36	38	28	22	18	81	14
14:45 - 15:00	5	131	48	7	60	31	35	20	32	32	85	10
15:00 - 15:15	9	76	36	5	32	49	55	14	29	17	86	10
15:15 - 15:30	6	89	43	14	47	34	41	18	26	9	93	3
15:30 - 15:45	2	99	36	4	30	114	29	38	28	20	86	8
15:45 - 16:00	3	82	35	11	28	45	37	32	20	17	86	8
16:00 - 16:15	6	89	36	8	34	50	39	44	33	15	94	7
16:15 - 16:30	7	119	70	7	32	38	41	43	9	9	95	7
16:30 - 16:45	3	82	32	7	48	57	36	29	20	13	81	3
16:45 - 17:00	7	90	32	9	38	33	43	50	27	14	83	6
17:00 - 17:15	2	96	44	5	34	54	39	27	24	14	91	6
17:15 - 17:30	1	91	47	3	40	47	42	34	21	15	71	3
17:30 - 17:45	3	78	32	5	27	29	29	21	24	19	87	1
17:45 - 18:00	2	79	19	5	21	28	28	26	22	22	74	6
18:00 - 18:15	3	115	34	5	31	29	38	29	24	12	96	2
18:15 - 18:30	2	87	35	2	41	34	29	23	20	6	88	4
18:30 - 18:45	3	148	113	4	122	80	93	69	52	22	290	23
18:45 - 19:00	3	135	94	5	97	72	76	59	47	19	231	15

Figura 13

Composición vehicular de intersección con el Jr. Miguel Iglesias

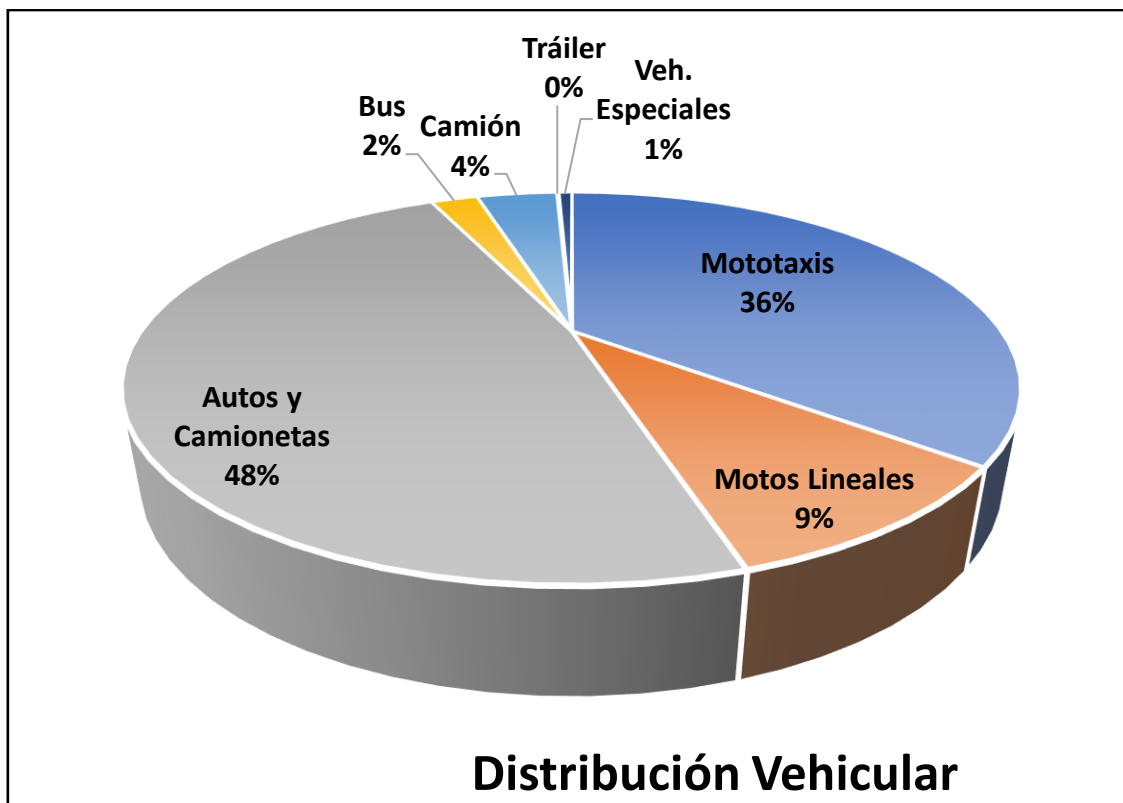


Tabla 17

Aforos vehiculares N° 3 – Intersección con el Jr. Miguel Iglesias

Flujo	Distribución Vehicular						
	Mototaxis	Motos Lineales	Autos y Camionetas	Bus	Camión	Tráiler	Veh. Especiales
1	180	48	241	11	19	0	3
2	1807	486	2430	112	194	5	32
3	855	230	1150	53	92	2	15
4	258	69	347	16	28	1	5
5	999	269	1343	62	107	3	18
6	989	266	1330	62	106	3	17
7	982	264	1320	61	105	3	17
8	973	262	1309	61	104	3	17
9	698	188	938	43	75	2	12
10	523	141	703	33	56	1	9
11	2096	564	2819	130	225	5	37
12	262	71	352	16	28	1	5

5.1.2.4. Análisis de flujo vehicular: Intersección N° 4-Jr. Los Sauces

A continuación, se presenta el diagrama de flujos vehiculares conforme se aforaron, estos valores se procesan para obtener la cantidad de vehículos equivalentes para cada flujo presente en la intersección, también se analizó la composición vehicular.

Figura 14

Flujograma Aforo N° 4 – Intersección con Jr. Los Sauces.

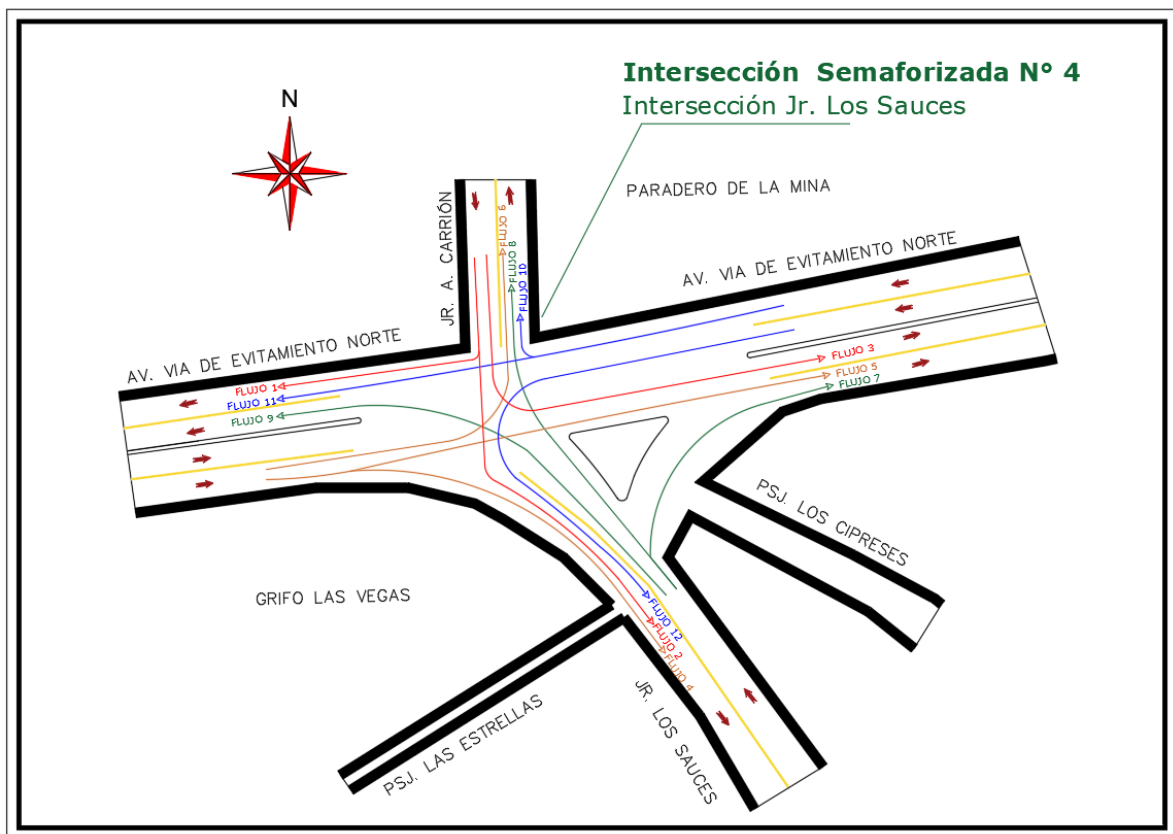


Tabla 18

Aforos vehiculares N° 4 – Intersección con el Jr. Los Sauces.

Intersección SemafORIZADA N° 4 - Intersección con el Jr. Los Sauces.												
Intervalo de Tiempo	Flujo											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
7:00 - 7:15	34	81	1	30	0	7	0	67	0	4	1	3
7:15 - 7:30	69	156	3	46	0	10	0	128	0	6	3	6
7:30 - 7:45	57	111	1	39	0	6	0	112	0	5	1	3
7:45 - 8:00	62	125	1	39	0	6	0	117	0	5	1	3
8:00 - 8:15	69	141	1	45	0	5	0	121	0	6	1	2
8:15 - 8:30	43	105	2	42	4	2	0	120	1	9	0	7
8:30 - 8:45	83	100	1	18	3	4	0	102	0	0	0	0
8:45 - 9:00	117	106	2	28	1	4	0	118	0	3	3	3
9:00 - 9:15	75	119	3	30	0	1	0	110	0	3	1	0
9:15 - 9:30	73	113	4	27	4	3	0	130	3	3	4	0
9:30 - 9:45	115	117	0	16	3	2	0	110	2	4	1	0
9:45 - 10:00	91	75	0	23	3	3	0	125	1	3	0	0
10:00 - 10:15	86	97	0	67	5	9	0	80	0	6	2	1
10:15 - 10:30	119	116	0	47	4	4	1	91	0	1	2	0
10:30 - 10:45	115	106	4	35	6	3	0	55	1	0	3	0
10:45 - 11:00	99	68	0	30	1	1	0	86	0	1	0	1
11:00 - 11:15	126	68	0	34	7	10	0	92	0	0	5	3
11:15 - 11:30	106	77	0	22	1	13	0	93	0	0	4	0
11:30 - 11:45	130	101	1	37	0	8	0	92	0	1	0	0
11:45 - 12:00	114	82	0	40	13	12	0	160	1	1	4	4
12:00 - 12:15	157	90	0	42	7	4	0	101	0	0	3	0
12:15 - 12:30	118	61	3	33	5	5	0	121	1	4	1	3
12:30 - 12:45	104	65	1	33	5	4	3	116	0	1	0	8
12:45 - 13:00	78	77	0	36	1	4	0	92	0	1	0	1
13:00 - 13:15	165	158	0	74	2	8	0	208	0	1	0	4
13:15 - 13:30	78	73	0	40	1	5	0	98	0	1	0	2
13:30 - 13:45	78	72	0	41	1	5	0	96	0	1	0	2
13:45 - 14:00	70	69	0	37	1	5	0	88	0	1	0	3
14:00 - 14:15	76	72	0	43	2	7	0	98	0	1	0	4
14:15 - 14:30	75	70	0	40	2	7	0	90	0	1	0	4
14:30 - 14:45	81	74	0	49	3	9	0	93	0	1	0	4
14:45 - 15:00	122	122	0	29	0	5	1	100	0	0	2	0
15:00 - 15:15	114	108	0	13	3	1	0	133	0	0	0	0
15:15 - 15:30	131	66	0	26	1	4	0	110	0	0	0	0
15:30 - 15:45	142	132	0	44	1	1	0	128	0	6	0	0
15:45 - 16:00	120	67	3	10	0	7	3	104	0	1	4	3
16:00 - 16:15	157	81	3	74	3	9	0	143	0	4	5	4
16:15 - 16:30	139	95	0	55	3	3	0	143	3	0	0	0
16:30 - 16:45	125	63	1	32	0	3	0	148	0	4	0	0
16:45 - 17:00	113	115	0	43	0	6	0	116	3	2	0	0
17:00 - 17:15	150	80	5	23	3	2	0	91	0	1	0	0
17:15 - 17:30	137	112	1	37	1	4	0	133	0	3	0	0
17:30 - 17:45	126	120	0	54	6	10	0	112	0	1	0	0
17:45 - 18:00	112	116	0	56	0	5	0	176	0	0	2	0
18:00 - 18:15	128	110	0	42	3	4	0	164	0	1	0	3
18:15 - 18:30	110	99	0	40	8	7	0	199	0	0	0	0
18:30 - 18:45	137	112	0	40	5	5	6	196	0	1	0	0
18:45 - 19:00	172	153	0	68	0	2	0	226	1	1	5	1

Figura 15

Composición vehicular de intersección con el Jr. Los Sauces

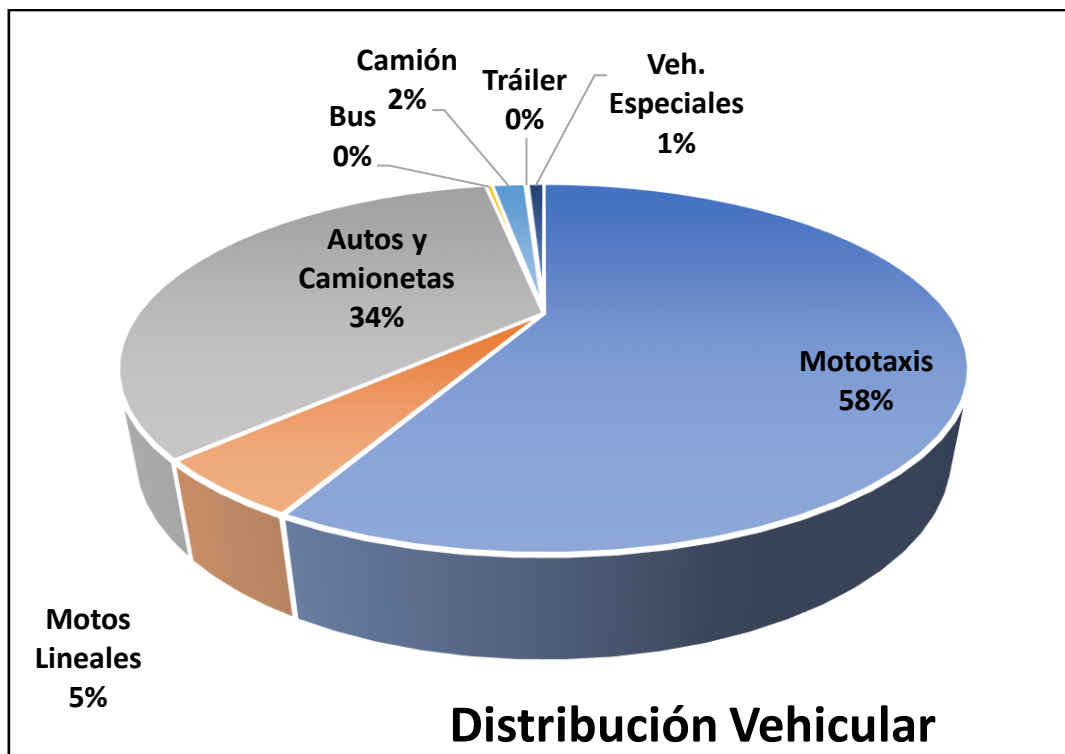


Tabla 19

Aforos vehiculares N° 4 – Intersección con el Jr. Los Sauces

Flujo	Distribución Vehicular						
	Mototaxis	Motos Lineales	Autos y Camionetas	Bus	Camión	Tráiler	Veh. Especiales
1	2950	252	1746	18	85	8	42
2	2716	232	1607	16	78	7	39
3	23	2	14	0	1	0	0
4	1069	91	632	6	31	3	15
5	68	6	40	0	2	0	1
6	143	12	84	1	4	0	2
7	8	1	5	0	0	0	0
8	3315	283	1962	20	96	9	47
9	10	1	6	0	0	0	0
10	56	5	33	0	2	0	1
11	33	3	20	0	1	0	0
12	46	4	27	0	1	0	1

5.1.2.5. Análisis de flujo vehicular: Intersección N° 5-Pro. Revilla Pérez

A continuación, se presenta el diagrama de flujos vehiculares conforme se aforaron, estos valores se procesan para obtener la cantidad de vehículos equivalentes para cada flujo presente en la intersección, también se analizó la composición vehicular.

Figura 16

Flujograma Aforo N° 5 – Intersección con Pro. Revilla Pérez.

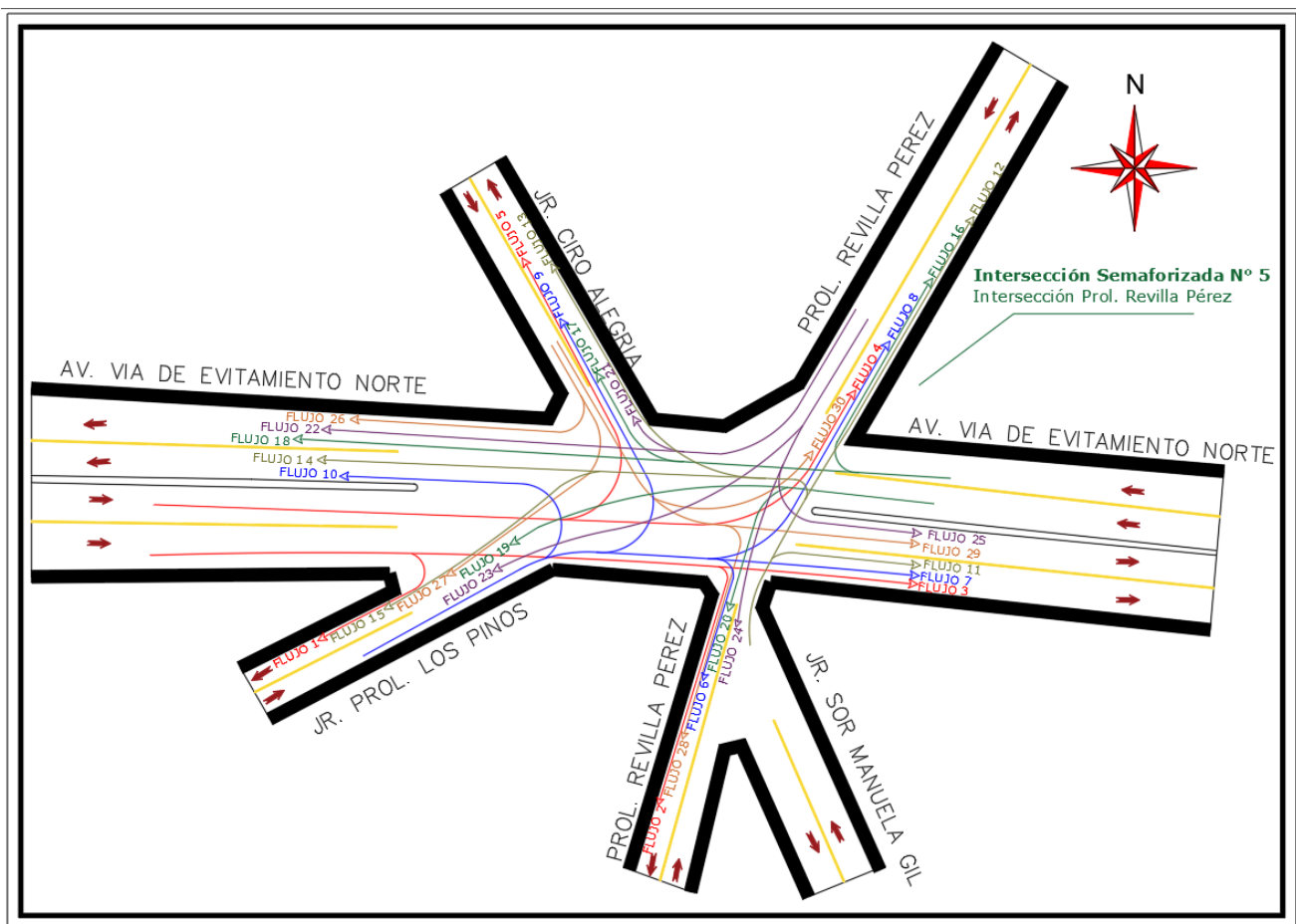


Tabla 20

Aforos vehiculares N°5 – Intersección con el Prol. Revilla Pérez (1)

Intersección SemafORIZADA N° 5 - Intersección con la Prol. Revilla Pérez. (1)															
Intervalo de Tiempo	Flujo														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
7:00 - 7:15	0	3	40	3	2	1	7	0	0	0	4	0	4	4	2
7:15 - 7:30	0	4	69	5	3	3	14	0	0	0	5	0	6	5	3
7:30 - 7:45	0	1	85	7	0	16	17	1	0	0	0	8	13	4	0
7:45 - 8:00	0	8	129	8	0	18	16	3	0	0	0	8	16	3	0
8:00 - 8:15	0	9	109	1	0	15	35	1	1	0	0	3	26	1	0
8:15 - 8:30	0	5	111	3	0	5	18	5	1	0	0	12	20	0	0
8:30 - 8:45	0	4	86	5	0	1	19	3	5	0	0	0	26	1	0
8:45 - 9:00	0	12	124	5	1	5	24	7	0	1	0	5	13	0	1
9:00 - 9:15	0	1	105	9	0	6	26	9	0	0	0	10	18	2	0
9:15 - 9:30	0	3	102	5	0	17	21	0	1	0	0	9	25	1	0
9:30 - 9:45	0	3	116	2	0	2	27	4	2	0	0	10	5	0	0
9:45 - 10:00	0	5	107	2	1	4	13	9	0	0	3	6	0	9	1
10:00 - 10:15	0	2	133	9	1	16	15	4	0	0	1	26	1	15	1
10:15 - 10:30	0	2	142	5	0	10	49	9	3	0	6	15	0	24	0
10:30 - 10:45	0	4	124	0	0	4	30	9	0	0	2	22	0	13	0
10:45 - 11:00	0	4	157	0	0	10	40	7	3	0	9	30	0	16	0
11:00 - 11:15	0	5	115	6	0	6	34	5	1	0	3	24	0	19	0
11:15 - 11:30	0	4	158	8	0	9	33	12	1	0	0	22	0	17	0
11:30 - 11:45	0	5	134	1	0	8	30	5	0	0	8	15	1	13	0
11:45 - 12:00	0	21	149	23	0	10	42	36	8	0	1	47	0	50	0
12:00 - 12:15	0	12	96	13	0	5	27	20	4	0	1	26	0	30	0
12:15 - 12:30	0	10	85	11	0	5	25	19	4	0	1	25	0	28	0
12:30 - 12:45	0	8	83	11	0	4	22	18	3	0	1	26	0	26	0
12:45 - 13:00	0	7	150	11	0	4	23	21	3	0	1	29	0	30	0
13:00 - 13:15	0	13	171	21	0	6	39	41	4	0	1	45	0	59	0
13:15 - 13:30	0	5	80	9	0	3	18	18	1	0	0	21	0	25	0
13:30 - 13:45	0	8	102	5	0	9	29	8	0	0	1	26	1	18	0
13:45 - 14:00	0	4	90	18	0	2	18	10	0	0	3	27	1	10	0
14:00 - 14:15	0	5	114	8	0	0	11	3	0	0	1	24	2	10	0
14:15 - 14:30	0	7	112	11	0	1	26	9	3	1	1	16	1	20	0
14:30 - 14:45	0	7	102	8	1	3	16	6	0	2	0	16	3	30	1
14:45 - 15:00	0	10	105	14	3	12	25	6	0	0	6	15	0	14	3
15:00 - 15:15	0	4	123	12	0	8	27	9	0	2	0	25	0	21	0
15:15 - 15:30	0	3	147	0	0	11	31	4	0	0	3	21	3	14	0
15:30 - 15:45	0	10	132	2	1	6	30	5	0	0	3	26	0	29	1
15:45 - 16:00	0	2	130	5	0	12	49	5	1	1	0	20	0	17	0
16:00 - 16:15	0	5	137	12	0	5	32	6	0	0	0	7	0	24	0
16:15 - 16:30	0	7	158	5	0	5	40	6	0	2	2	10	0	26	0
16:30 - 16:45	0	5	96	1	0	5	37	5	3	1	0	8	1	27	0
16:45 - 17:00	0	7	140	2	0	5	32	1	1	0	0	12	2	12	0
17:00 - 17:15	0	4	125	9	0	10	27	2	0	0	0	30	0	31	0
17:15 - 17:30	0	11	115	6	0	2	35	4	0	0	1	17	1	27	0
17:30 - 17:45	0	1	124	6	0	7	29	4	0	0	1	11	0	17	0
17:45 - 18:00	0	16	132	17	0	2	21	2	7	3	2	9	5	24	0
18:00 - 18:15	0	5	125	8	0	2	30	6	0	0	8	14	1	20	0
18:15 - 18:30	0	5	133	6	0	1	25	6	1	0	3	16	0	27	0
18:30 - 18:45	0	7	172	8	0	3	34	8	3	0	5	21	0	35	0
18:45 - 19:00	0	14	318	18	0	5	59	18	5	0	11	39	0	68	0

Tabla 21

Aforos vehiculares N° 5 – Intersección con el Jr. Prol. Revilla Pérez (2).

Intervalo de Tiempo		Flujo														
		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
7:00 - 7:15		12	1	49	0	15	2	20	3	18	24	1	0	1	5	15
7:15 - 7:30		17	1	67	0	20	2	21	4	29	41	1	0	1	8	20
7:30 - 7:45		25	0	90	1	8	3	30	2	45	36	1	0	0	3	8
7:45 - 8:00		20	0	106	0	16	0	32	0	44	34	0	0	0	1	16
8:00 - 8:15		16	0	100	1	0	0	25	0	45	32	3	0	0	5	0
8:15 - 8:30		20	3	149	4	9	0	25	1	31	37	3	0	0	3	9
8:30 - 8:45		26	0	109	4	6	2	24	0	34	19	6	0	0	0	6
8:45 - 9:00		15	4	134	1	9	2	35	0	30	45	5	0	3	3	9
9:00 - 9:15		14	4	133	0	7	2	25	0	46	28	5	0	2	2	7
9:15 - 9:30		16	4	134	5	12	5	28	0	40	31	3	0	2	4	12
9:30 - 9:45		18	0	108	19	3	0	25	3	34	36	5	0	3	1	3
9:45 - 10:00		40	3	117	10	0	0	23	0	24	48	2	0	2	5	0
10:00 - 10:15		27	12	128	8	4	0	33	0	29	34	11	0	1	6	4
10:15 - 10:30		38	0	146	12	7	0	25	0	55	31	0	3	0	5	7
10:30 - 10:45		22	1	146	5	5	0	23	0	27	22	0	0	0	2	5
10:45 - 11:00		35	0	129	10	6	3	17	0	39	27	0	0	0	1	6
11:00 - 11:15		24	1	136	11	0	1	33	3	36	31	4	0	0	4	0
11:15 - 11:30		33	0	153	14	5	0	35	0	32	19	1	0	1	0	5
11:30 - 11:45		18	1	130	16	7	0	26	0	34	37	9	0	0	3	7
11:45 - 12:00		79	0	299	11	22	0	46	0	31	52	5	0	0	13	22
12:00 - 12:15		35	0	189	6	11	0	25	0	17	33	3	0	0	7	11
12:15 - 12:30		34	0	191	6	10	0	24	0	19	32	2	0	0	6	10
12:30 - 12:45		38	0	193	4	11	0	24	0	16	33	2	0	0	4	11
12:45 - 13:00		43	0	219	6	11	0	27	0	22	38	2	0	0	4	11
13:00 - 13:15		61	0	338	10	9	0	41	0	43	44	4	0	0	4	9
13:15 - 13:30		29	0	175	4	5	0	20	0	19	24	1	0	0	1	5
13:30 - 13:45		33	1	145	12	3	0	24	0	25	19	7	0	1	1	3
13:45 - 14:00		22	0	84	16	3	0	27	0	22	33	3	0	2	4	3
14:00 - 14:15		25	2	122	9	1	0	10	0	16	21	3	0	1	0	1
14:15 - 14:30		20	3	108	4	5	0	21	0	22	32	0	0	0	6	5
14:30 - 14:45		21	0	120	6	1	1	31	0	21	32	3	0	1	0	1
14:45 - 15:00		16	1	132	12	3	0	24	0	20	29	9	0	0	3	3
15:00 - 15:15		20	0	141	4	0	0	25	0	27	37	2	0	0	1	0
15:15 - 15:30		23	0	135	13	2	6	31	0	18	25	3	0	1	2	2
15:30 - 15:45		28	0	119	7	4	0	22	0	32	28	1	1	0	8	4
15:45 - 16:00		34	0	143	14	2	0	28	0	29	27	1	0	1	1	2
16:00 - 16:15		27	0	134	10	3	1	25	0	29	18	0	0	0	1	3
16:15 - 16:30		27	0	163	17	3	0	29	0	32	28	4	0	0	1	3
16:30 - 16:45		27	0	130	11	7	0	19	0	18	31	1	0	1	0	7
16:45 - 17:00		28	0	181	18	5	0	43	0	22	31	1	0	2	1	5
17:00 - 17:15		28	0	137	6	3	2	33	0	33	22	0	0	1	0	3
17:15 - 17:30		24	0	165	11	6	0	20	0	21	28	1	0	0	1	6
17:30 - 17:45		25	0	149	10	4	0	17	0	38	34	2	0	0	1	4
17:45 - 18:00		23	0	156	12	0	0	22	0	29	19	5	0	0	5	0
18:00 - 18:15		24	0	172	5	3	0	34	0	28	31	4	0	0	4	3
18:15 - 18:30		30	0	156	11	1	0	24	0	21	20	4	0	0	0	1
18:30 - 18:45		40	0	202	16	3	0	33	0	28	27	7	0	0	0	3
18:45 - 19:00		75	0	373	27	5	0	62	0	48	56	8	0	0	0	5

Figura 17

Composición vehicular de intersección con la Prol. Revilla Pérez

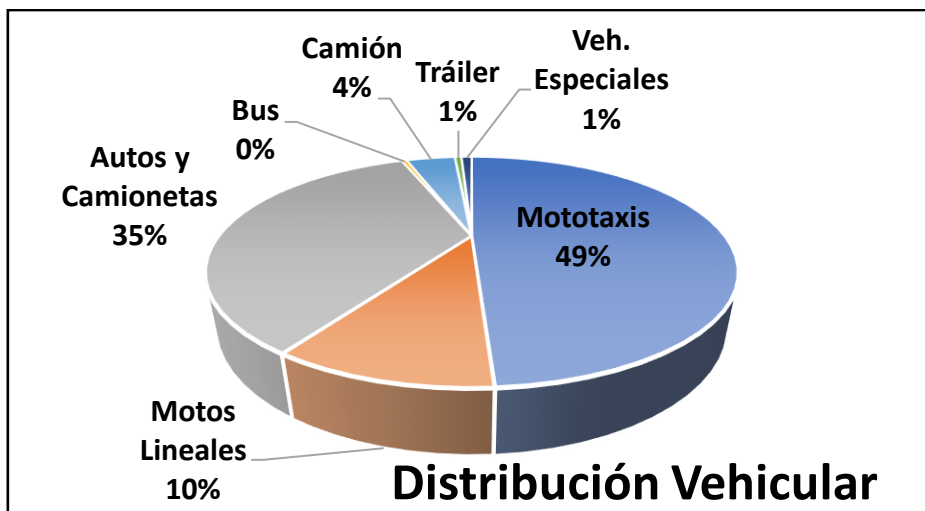


Tabla 22

Aforos vehiculares N° 5 – Intersección con la Prol. Revilla Pérez

Flujo	Distribución Vehicular						
	Mototaxis	Motos Lineales	Autos y Camionetas	Bus	Camión	Tráiler	Veh. Especiales
1	0	0	0	0	0	0	0
2	162	25	101	1	9	2	3
3	3152	488	1971	19	169	32	60
4	193	30	121	1	10	2	4
5	7	1	4	0	0	0	0
6	163	25	102	1	9	2	3
7	709	110	444	4	38	7	13
8	212	33	133	1	11	2	4
9	35	5	22	0	2	0	1
10	8	1	5	0	0	0	0
11	51	8	32	0	3	1	1
12	456	71	285	3	25	5	9
13	104	16	65	1	6	1	2
14	489	76	306	3	26	5	9
15	7	1	4	0	0	0	0
16	627	163	494	7	67	7	10
17	19	5	15	0	2	0	0
18	3299	857	2600	36	351	39	54
19	189	49	149	2	20	2	3
20	128	33	101	1	14	2	2
21	14	4	11	0	1	0	0
22	602	156	475	7	64	7	10
23	7	2	5	0	1	0	0
24	648	168	511	7	69	8	11
25	683	177	538	7	73	8	11
26	66	17	52	1	7	1	1
27	2	0	1	0	0	0	0
28	12	3	10	0	1	0	0
29	63	16	50	1	7	1	1
30	128	33	101	1	14	2	2

5.1.2.6. Análisis de flujo vehicular: Intersección N° 6-Jr. Sta. Teresa de Jornet

A continuación, se presenta el diagrama de flujos vehiculares conforme se aforaron, estos valores se procesan para obtener la cantidad de vehículos equivalentes para cada flujo presente en la intersección, también se analizó la composición vehicular.

Figura 18

Flujograma Aforo N° 6 – Intersección con Jr. Sta. Teresa de Jornet

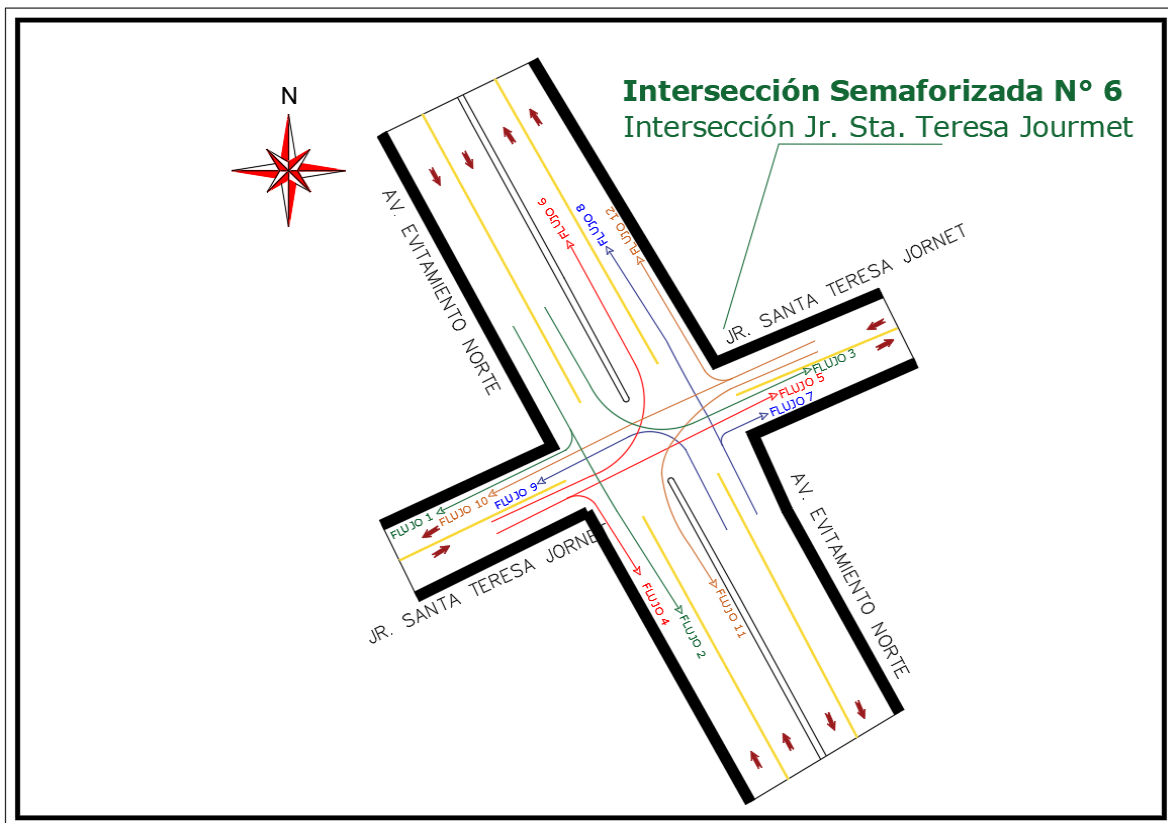


Tabla 23

Aforos vehiculares N° 6 – Intersección con el Jr. Sta. Teresa de Jornet.

Intersección Semaforizada N° 6 - Intersección con el Jr. Sta. Teresa de Jornet.												
Intervalo de Tiempo	Flujo											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
7:00 - 7:15	1	40	0	29	5	0	0	202	23	0	1	6
7:15 - 7:30	3	67	0	44	6	0	0	205	35	0	1	9
7:30 - 7:45	1	53	0	32	4	0	0	56	26	0	1	6
7:45 - 8:00	1	53	0	35	4	0	0	61	27	0	1	6
8:00 - 8:15	1	61	0	37	4	0	0	65	34	0	1	8
8:15 - 8:30	0	41	1	11	0	0	0	37	20	1	1	5
8:30 - 8:45	1	64	0	37	1	0	0	91	50	0	6	0
8:45 - 9:00	0	72	5	60	1	1	0	72	26	1	1	3
9:00 - 9:15	0	83	1	35	0	0	0	109	25	0	6	5
9:15 - 9:30	2	84	5	44	6	2	0	56	30	0	2	2
9:30 - 9:45	3	76	13	24	1	0	2	78	41	4	4	1
9:45 - 10:00	0	85	1	64	0	4	0	65	22	0	3	4
10:00 - 10:15	1	72	4	30	3	6	8	71	32	0	1	10
10:15 - 10:30	2	95	4	54	0	3	25	47	18	1	2	6
10:30 - 10:45	1	93	0	34	6	0	1	59	13	0	8	3
10:45 - 11:00	0	73	3	46	5	5	0	77	31	1	5	8
11:00 - 11:15	3	82	2	67	4	1	1	76	48	0	5	6
11:15 - 11:30	3	79	0	67	1	8	1	81	31	0	0	3
11:30 - 11:45	0	61	0	71	6	7	1	50	21	4	0	0
11:45 - 12:00	0	82	0	55	1	1	1	65	33	2	5	1
12:00 - 12:15	1	72	10	61	1	2	4	81	20	2	1	3
12:15 - 12:30	1	63	1	58	2	3	1	45	15	0	1	2
12:30 - 12:45	3	76	2	57	0	0	0	40	21	0	3	0
12:45 - 13:00	0	69	2	62	0	0	0	92	58	0	5	2
13:00 - 13:15	0	148	6	132	1	0	0	177	118	0	14	4
13:15 - 13:30	2	78	3	67	0	0	0	98	66	0	9	4
13:30 - 13:45	4	84	3	79	0	0	0	107	80	0	11	5
13:45 - 14:00	7	87	4	65	0	0	0	96	66	0	15	9
14:00 - 14:15	7	83	6	60	1	0	0	116	63	0	11	2
14:15 - 14:30	7	74	6	60	1	0	0	147	61	0	11	2
14:30 - 14:45	5	86	7	83	1	0	0	99	87	0	12	2
14:45 - 15:00	4	125	1	72	0	8	0	70	32	0	5	0
15:00 - 15:15	1	113	3	0	0	6	0	86	5	0	2	2
15:15 - 15:30	3	118	1	79	0	4	0	97	5	0	3	0
15:30 - 15:45	3	98	0	86	2	8	0	83	19	0	3	0
15:45 - 16:00	1	105	2	83	1	3	0	82	17	0	2	2
16:00 - 16:15	0	115	0	82	0	0	0	108	26	0	6	2
16:15 - 16:30	0	105	0	95	1	0	0	109	28	0	4	0
16:30 - 16:45	0	108	5	71	1	1	6	76	37	0	13	2
16:45 - 17:00	0	115	1	64	1	0	0	79	4	5	5	4
17:00 - 17:15	5	85	3	48	2	1	0	71	29	3	3	0
17:15 - 17:30	6	76	0	41	2	0	1	58	20	1	3	1
17:30 - 17:45	4	64	5	46	1	1	4	59	23	3	0	1
17:45 - 18:00	4	59	5	44	1	1	4	56	23	3	0	1
18:00 - 18:15	5	64	6	47	2	1	5	59	25	3	1	2
18:15 - 18:30	5	62	6	45	2	1	6	58	25	4	1	2
18:30 - 18:45	7	61	7	44	2	3	7	57	26	5	1	2
18:45 - 19:00	8	70	8	52	3	3	8	65	30	5	1	3

Figura 19

Composición vehicular de intersección con el Jr. Sta. Teresa de Jornet

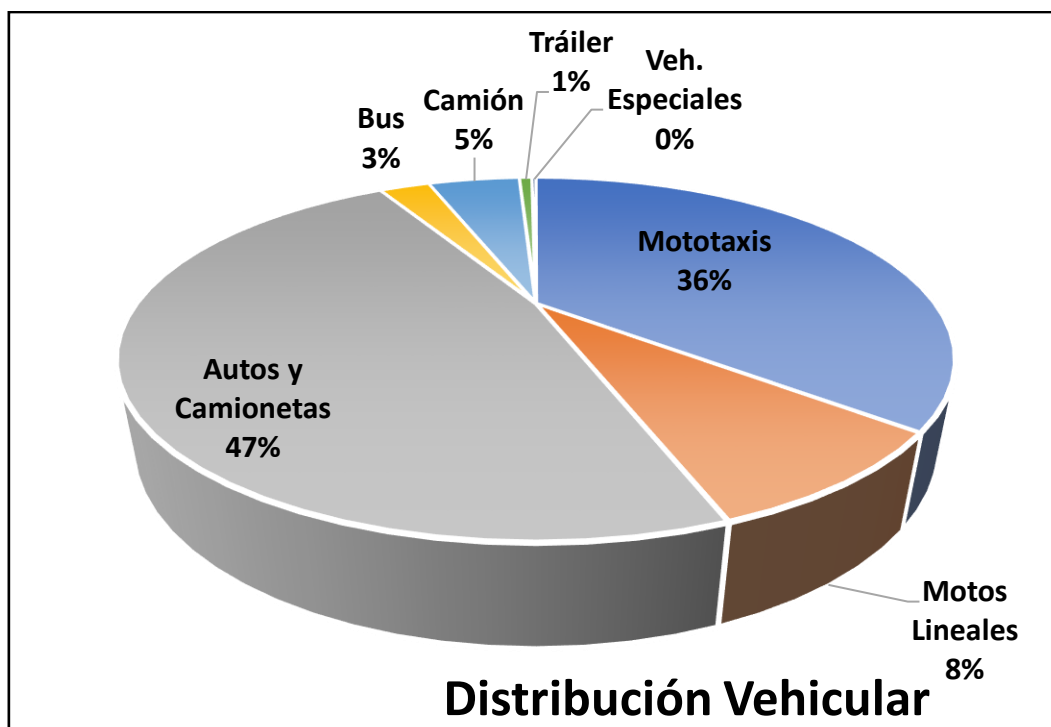


Tabla 24

Aforos vehiculares N° 6 – Intersección con el Jr. Sta. Teresa de Jornet

Flujo	Distribución Vehicular						
	Mototaxis	Motos Lineales	Autos y Camionetas	Bus	Camión	Tráiler	Veh. Especiales
1	41	10	54	3	5	1	0
2	1392	331	1836	101	184	25	9
3	51	12	67	4	7	1	0
4	953	227	1258	69	126	17	6
5	30	7	40	2	4	1	0
6	30	7	40	2	4	1	0
7	31	7	41	2	4	1	0
8	1433	341	1890	104	190	26	9
9	580	138	765	42	77	11	4
10	17	4	23	1	2	0	0
11	71	17	93	5	9	1	0
12	53	13	69	4	7	1	0

5.1.2.7. Análisis de flujo vehicular: Intersección N° 7-Av. Hoyos Rubio

A continuación, se presenta el diagrama de flujos vehiculares conforme se aforaron, estos valores se procesan para obtener la cantidad de vehículos equivalentes para cada flujo presente en la intersección, también se analizó la composición vehicular.

Figura 20

Flujograma Aforo N° 7 – Intersección con Av. Hoyos Rubio

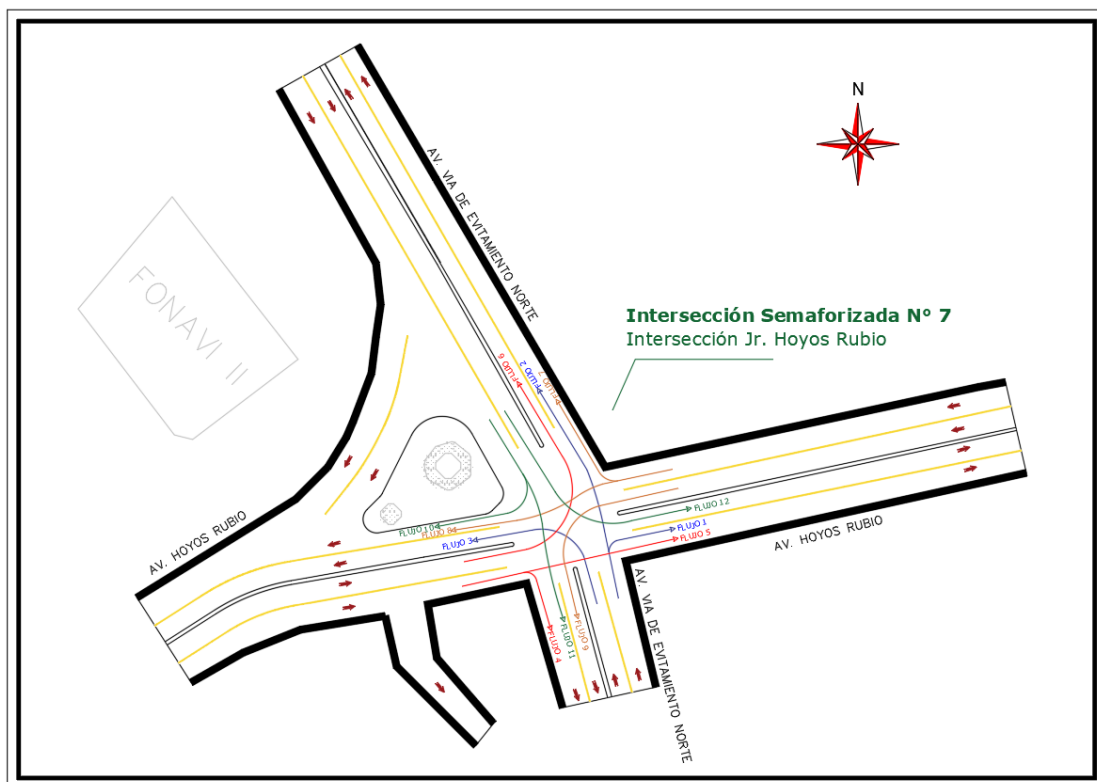


Tabla 25

Aforos vehiculares N° 7 – Intersección con el Av. Hoyos Rubio

Intersección Semaforizada N° 7 - Intersección con Av. Hoyos Rubio.													
Intervalo de Tiempo	Flujo												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
7:00 - 7:15	67	282	53	100	112	99	16	93	17	98	161	47	
7:15 - 7:30	107	390	72	141	135	120	37	113	20	120	215	61	
7:30 - 7:45	76	297	51	96	96	86	25	83	20	84	152	45	
7:45 - 8:00	98	449	51	125	105	113	47	108	17	93	250	47	
8:00 - 8:15	54	186	44	72	91	48	9	68	12	71	161	36	
8:15 - 8:30	19	134	31	73	88	40	5	39	32	74	100	65	
8:30 - 8:45	20	150	72	103	131	84	23	119	29	12	114	73	
8:45 - 9:00	35	166	39	81	97	53	3	15	28	15	223	70	
9:00 - 9:15	18	178	41	46	95	54	7	70	10	2	192	71	
9:15 - 9:30	8	155	45	79	88	75	5	55	5	0	211	110	
9:30 - 9:45	15	127	30	59	106	48	10	58	12	3	202	116	
9:45 - 10:00	30	95	40	61	105	53	13	58	19	1	172	94	
10:00 - 10:15	15	174	63	73	101	56	7	64	15	27	136	63	
10:15 - 10:30	1	226	61	18	115	67	43	67	26	10	88	22	
10:30 - 10:45	23	181	55	48	117	53	13	48	54	9	191	109	
10:45 - 11:00	13	184	69	65	105	35	17	63	11	24	208	88	
11:00 - 11:15	19	162	76	48	80	58	5	57	11	18	210	73	
11:15 - 11:30	7	128	88	80	108	64	2	70	26	8	242	109	
11:30 - 11:45	17	134	51	49	89	27	5	54	11	1	129	62	
11:45 - 12:00	8	141	54	32	64	48	23	93	18	0	206	79	
12:00 - 12:15	32	145	74	76	84	55	32	74	32	1	143	82	
12:15 - 12:30	13	147	67	60	80	36	8	81	19	4	210	91	
12:30 - 12:45	23	198	68	69	110	38	4	68	11	0	203	105	
12:45 - 13:00	43	278	89	107	156	61	6	97	16	1	276	154	
13:00 - 13:15	53	418	172	171	234	109	17	167	35	1	424	247	
13:15 - 13:30	46	266	93	114	148	66	9	91	19	1	271	158	
13:30 - 13:45	64	314	104	161	215	88	9	139	22	1	332	212	
13:45 - 14:00	44	236	126	108	164	67	10	121	29	1	255	155	
14:00 - 14:15	26	156	63	59	92	43	12	70	15	1	165	90	
14:15 - 14:30	29	191	59	59	139	44	13	120	14	1	201	89	
14:30 - 14:45	42	151	64	79	130	58	13	102	16	1	178	124	
14:45 - 15:00	23	228	79	90	141	81	24	63	21	2	171	104	
15:00 - 15:15	13	135	33	29	69	27	4	40	8	0	161	72	
15:15 - 15:30	11	206	82	62	107	57	14	77	15	0	201	69	
15:30 - 15:45	19	248	76	89	114	76	12	76	14	37	267	142	
15:45 - 16:00	26	208	96	55	132	57	16	81	6	4	179	104	
16:00 - 16:15	6	177	60	66	95	61	10	51	10	0	220	136	
16:15 - 16:30	40	243	78	103	151	73	6	114	7	2	331	130	
16:30 - 16:45	15	111	36	37	77	35	14	65	2	12	235	122	
16:45 - 17:00	26	226	99	83	106	57	35	69	21	25	181	113	
17:00 - 17:15	31	208	104	66	93	103	30	64	42	22	245	114	
17:15 - 17:30	19	190	90	67	112	39	3	68	7	2	359	122	
17:30 - 17:45	38	294	141	92	104	48	9	99	20	8	230	105	
17:45 - 18:00	19	211	112	84	116	90	3	98	18	1	258	117	
18:00 - 18:15	6	102	130	80	65	66	8	48	8	108	205	179	
18:15 - 18:30	14	225	140	100	122	61	6	84	17	14	266	101	
18:30 - 18:45	70	404	200	144	178	75	30	173	40	9	363	179	
18:45 - 19:00	57	343	183	131	159	73	25	151	34	9	304	153	

Figura 21

Composición vehicular de intersección con Av. Hoyos Rubio

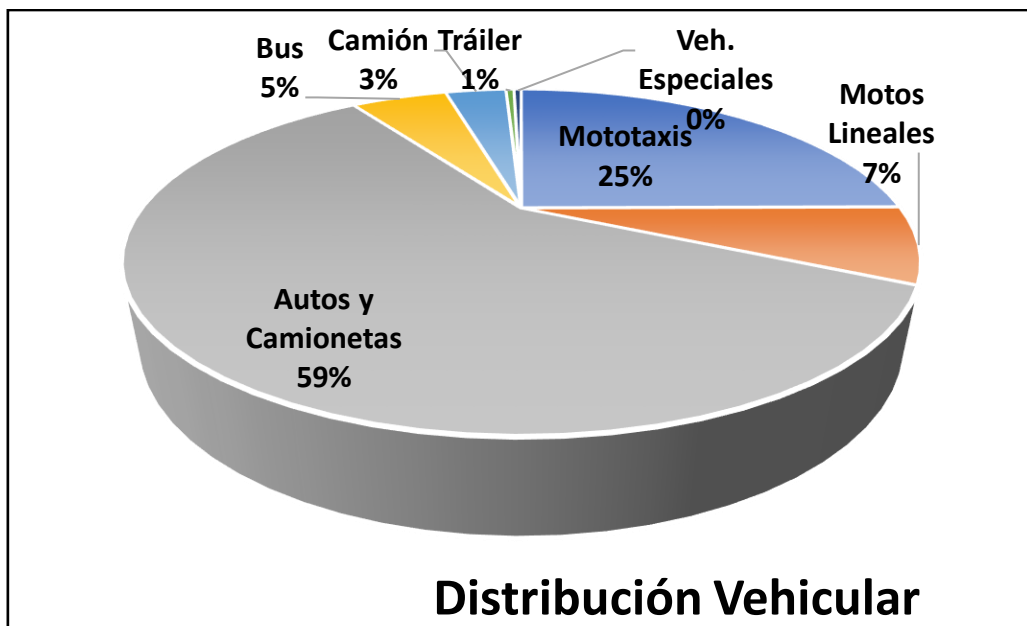


Tabla 26

Aforos vehiculares N° 7 – Intersección con Av. Hoyos Rubio

Flujo	Distribución Vehicular						
	Mototaxis	Motos Lineales	Autos y Camionetas	Bus	Camión	Tráiler	Veh. Especiales
1	372	107	875	78	50	7	6
2	2538	731	5969	532	340	46	41
3	947	273	2227	199	127	17	15
4	969	279	2278	203	130	17	16
5	1375	396	3233	288	184	25	22
6	753	217	1770	158	101	13	12
7	172	49	404	36	23	3	3
8	982	283	2310	206	132	18	16
9	226	65	531	47	30	4	4
10	233	67	547	49	31	4	4
11	2589	745	6087	543	347	46	42
12	1247	359	2933	261	167	22	20

5.1.2.8. Análisis de flujo vehicular: Intersección N° 8-Jr. Zoilo León

A continuación, se presenta el diagrama de flujos vehiculares conforme se aforaron, estos valores se procesan para obtener la cantidad de vehículos equivalentes para cada flujo presente en la intersección, también se analizó la composición vehicular.

Figura 22

Flujograma Aforo N° 8 – Intersección con Jr. Zoilo León.

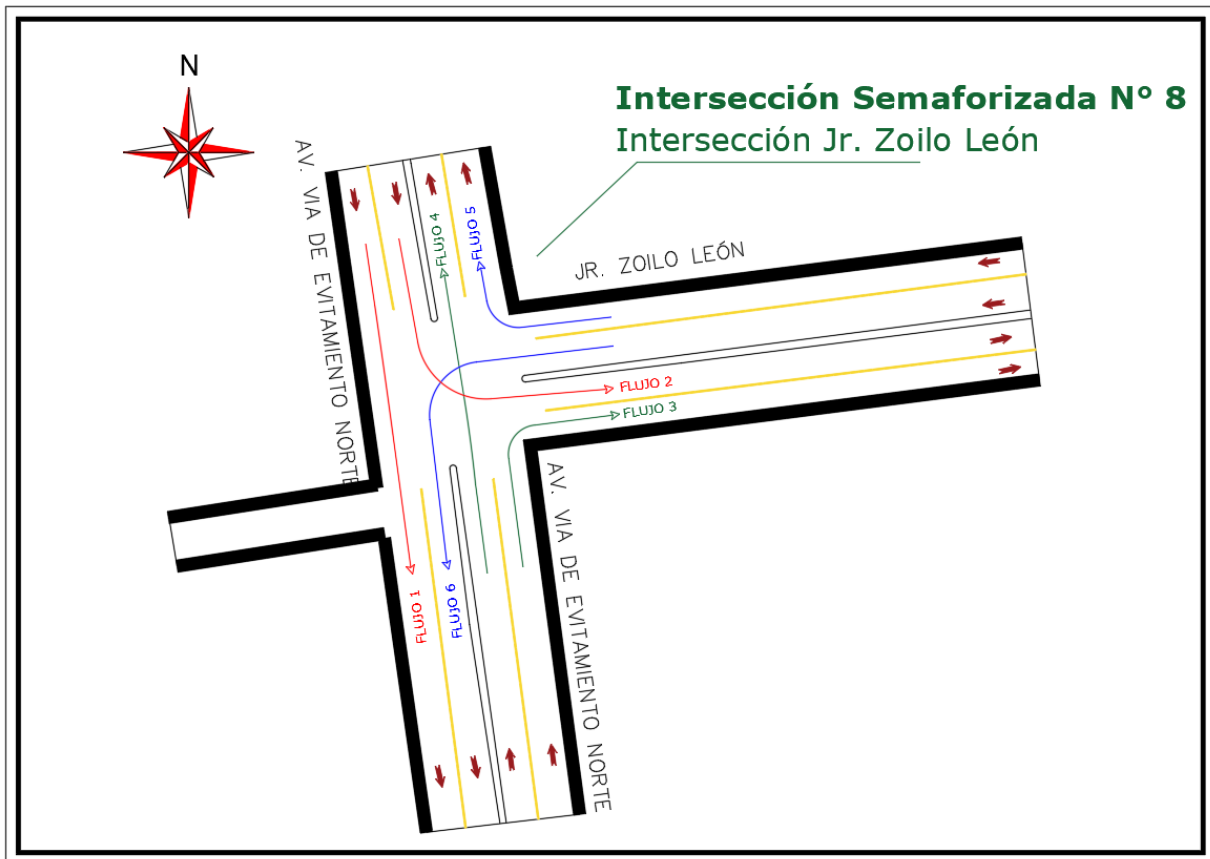


Tabla 27*Aforos vehiculares N° 8 – Intersección con el Jr. Zoilo León.*

Intersección Semaforizada N° 8 - Intersección con el Jr. Zoilo León							
Intervalo de Tiempo	Flujo						
	1	2	3	4	5	6	
7:00 - 7:15	10	65	36	12	3	44	
7:15 - 7:30	18	121	66	19	4	84	
7:30 - 7:45	13	91	51	15	3	60	
7:45 - 8:00	15	97	56	15	3	68	
8:00 - 8:15	13	172	116	45	3	123	
8:15 - 8:30	32	189	148	23	4	111	
8:30 - 8:45	25	244	197	10	3	116	
8:45 - 9:00	46	271	256	18	0	144	
9:00 - 9:15	35	224	172	17	0	108	
9:15 - 9:30	30	141	180	35	1	90	
9:30 - 9:45	45	198	171	20	0	88	
9:45 - 10:00	33	142	157	21	4	106	
10:00 - 10:15	22	159	169	25	0	77	
10:15 - 10:30	27	223	223	22	1	124	
10:30 - 10:45	41	254	172	31	0	116	
10:45 - 11:00	38	200	212	33	0	102	
11:00 - 11:15	15	200	199	15	0	73	
11:15 - 11:30	37	223	201	36	0	119	
11:30 - 11:45	39	191	185	35	0	114	
11:45 - 12:00	50	180	172	27	0	104	
12:00 - 12:15	36	105	137	21	3	84	
12:15 - 12:30	24	203	186	44	0	77	
12:30 - 12:45	35	187	167	47	1	73	
12:45 - 13:00	34	185	199	22	5	92	
13:00 - 13:15	119	459	409	188	14	252	
13:15 - 13:30	58	236	236	87	6	116	
13:30 - 13:45	57	260	235	103	5	113	
13:45 - 14:00	43	211	157	65	4	90	
14:00 - 14:15	43	149	156	59	4	91	
14:15 - 14:30	37	129	132	54	3	82	
14:30 - 14:45	38	151	154	60	3	86	
14:45 - 15:00	47	181	191	71	3	112	
15:00 - 15:15	43	173	178	67	1	108	
15:15 - 15:30	36	166	185	28	4	123	
15:30 - 15:45	32	154	160	20	2	98	
15:45 - 16:00	46	163	172	37	1	122	
16:00 - 16:15	42	209	157	30	2	114	
16:15 - 16:30	50	217	185	31	2	111	
16:30 - 16:45	38	230	204	32	5	123	
16:45 - 17:00	53	230	191	29	3	146	
17:00 - 17:15	43	231	200	41	4	117	
17:15 - 17:30	65	197	177	18	1	105	
17:30 - 17:45	60	201	175	15	3	85	
17:45 - 18:00	72	277	239	26	1	163	
18:00 - 18:15	53	215	167	21	4	123	
18:15 - 18:30	52	229	162	29	4	105	
18:30 - 18:45	60	238	193	50	3	107	
18:45 - 19:00	111	426	322	92	7	199	

Figura 23

Composición vehicular de intersección con el Jr. Zoilo León

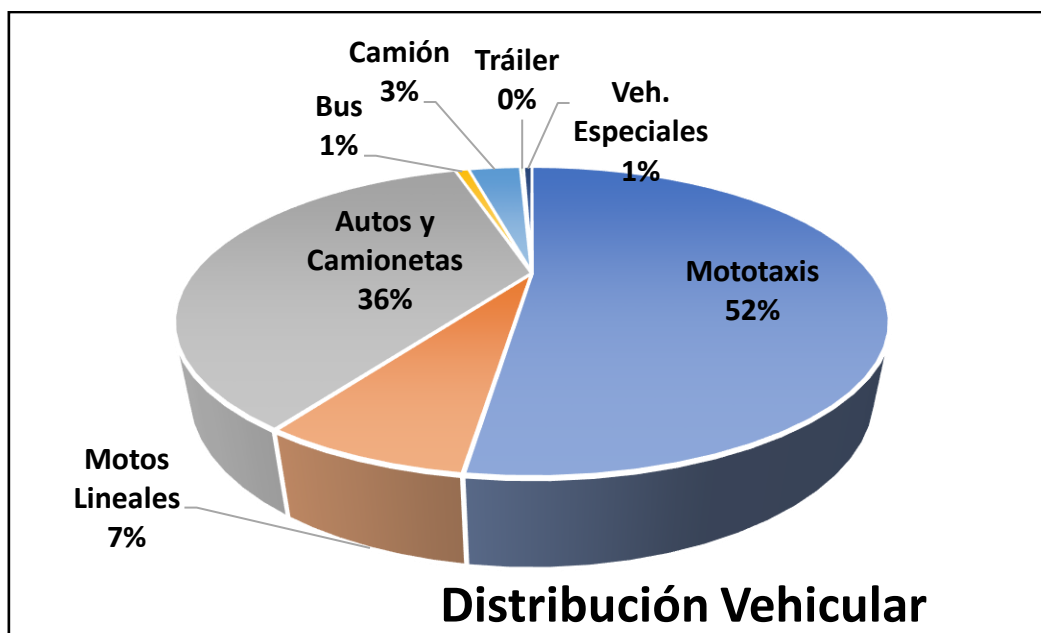


Tabla 28

Aforos vehiculares N° 8 – Intersección con el Jr. Zoilo León

Flujo	Distribución Vehicular						
	Mototaxis	Motos Lineales	Autos y Camionetas	Bus	Camión	Tráiler	Veh. Especiales
1	1046	144	717	24	64	4	10
2	4996	689	3424	116	305	19	50
3	4458	615	3056	2	272	17	45
4	970	134	665	22	59	4	10
5	63	9	43	1	4	0	1
6	2702	373	1852	63	165	11	27

5.1.2.9. Análisis de flujo vehicular: Intersección N° 9-Jr. Ayacucho

A continuación, se presenta el diagrama de flujos vehiculares conforme se aforaron, estos valores se procesan para obtener la cantidad de vehículos equivalentes para cada flujo presente en la intersección, también se analizó la composición vehicular.

Figura 24

Flujograma Aforo N° 9 – Intersección con Jr. Ayacucho

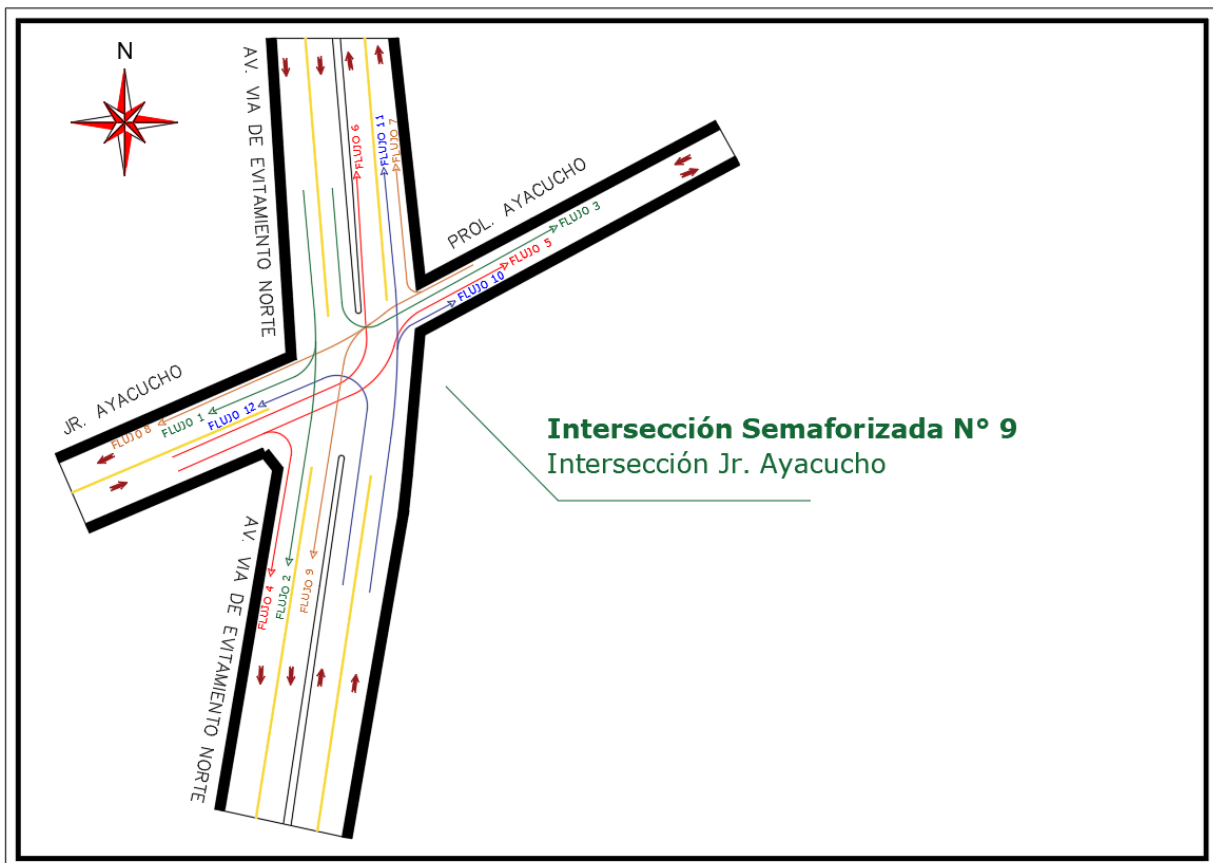


Tabla 29

Aforos vehiculares N° 9 – Intersección con el Jr. Ayacucho

Intersección SemafORIZADA N° 9 - Intersección con Jr. Ayacucho.														
Intervalo de Tiempo		Flujo												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
7:00	-	7:15	0	305	7	0	0	0	5	234	0	7	0	4
7:15	-	7:30	0	421	11	0	0	0	7	530	0	12	0	7
7:30	-	7:45	0	198	7	0	0	0	6	242	0	8	0	4
7:45	-	8:00	0	224	7	0	0	0	6	329	0	8	0	4
8:00	-	8:15	0	247	6	0	0	0	7	256	0	10	0	3
8:15	-	8:30	0	263	5	0	0	0	6	270	0	8	0	3
8:30	-	8:45	0	264	5	0	0	0	6	286	0	8	0	3
8:45	-	9:00	0	281	5	0	0	0	6	240	0	8	0	3
9:00	-	9:15	0	299	5	0	0	0	4	342	0	7	0	2
9:15	-	9:30	0	247	3	0	0	0	3	216	0	5	0	1
9:30	-	9:45	0	255	2	0	0	0	4	258	0	5	0	1
9:45	-	10:00	0	243	11	0	0	0	4	260	0	3	0	9
10:00	-	10:15	0	264	0	0	0	0	3	261	0	7	0	1
10:15	-	10:30	0	258	7	0	0	0	4	346	0	6	0	6
10:30	-	10:45	0	269	3	0	0	0	0	363	0	5	0	9
10:45	-	11:00	2	319	5	0	0	0	4	293	0	2	0	7
11:00	-	11:15	0	229	4	0	0	0	31	204	0	14	0	8
11:15	-	11:30	0	338	5	0	0	0	32	317	0	16	0	7
11:30	-	11:45	0	314	5	0	0	0	18	291	0	5	0	10
11:45	-	12:00	0	298	14	0	0	0	7	256	0	13	0	12
12:00	-	12:15	0	283	9	0	0	0	6	298	0	14	0	11
12:15	-	12:30	0	296	14	0	0	0	11	312	0	13	0	12
12:30	-	12:45	0	262	36	0	0	0	7	286	0	7	0	6
12:45	-	13:00	0	126	11	0	0	0	4	301	0	13	0	13
13:00	-	13:15	0	209	2	0	0	0	8	250	0	0	0	7
13:15	-	13:30	0	210	2	0	0	0	8	222	0	5	0	4
13:30	-	13:45	0	60	0	0	0	0	4	56	0	2	0	5
13:45	-	14:00	0	63	0	0	0	0	5	59	0	2	0	8
14:00	-	14:15	0	63	1	0	0	0	6	57	0	3	0	4
14:15	-	14:30	0	63	1	0	0	0	6	60	0	3	0	4
14:30	-	14:45	0	292	3	0	0	0	2	281	0	6	0	6
14:45	-	15:00	0	306	3	0	0	0	3	250	0	1	0	2
15:00	-	15:15	0	294	9	0	0	0	25	243	0	5	0	4
15:15	-	15:30	0	258	12	0	0	0	6	231	0	9	0	3
15:30	-	15:45	0	258	16	0	0	0	7	227	0	11	0	5
15:45	-	16:00	0	248	16	0	0	0	7	222	0	11	0	5
16:00	-	16:15	0	278	21	0	0	0	10	254	0	14	0	6
16:15	-	16:30	0	313	25	0	0	0	11	286	0	16	0	7
16:30	-	16:45	0	290	29	0	0	0	11	264	0	16	0	7
16:45	-	17:00	0	279	31	0	0	0	10	252	0	16	0	7
17:00	-	17:15	0	304	26	0	0	0	12	280	0	18	0	8
17:15	-	17:30	0	304	27	0	0	0	13	283	0	19	0	10
17:30	-	17:45	0	363	46	0	0	0	12	334	0	19	0	9
17:45	-	18:00	0	333	44	0	0	0	16	316	0	21	0	12
18:00	-	18:15	0	344	56	0	0	0	16	321	0	23	0	12
18:15	-	18:30	0	360	52	0	0	0	17	337	0	24	0	12
18:30	-	18:45	0	469	75	0	0	0	24	448	0	32	0	17
18:45	-	19:00	0	676	95	0	0	0	48	665	0	56	0	31

Figura 25

Composición vehicular de intersección con el Jr. Ayacucho

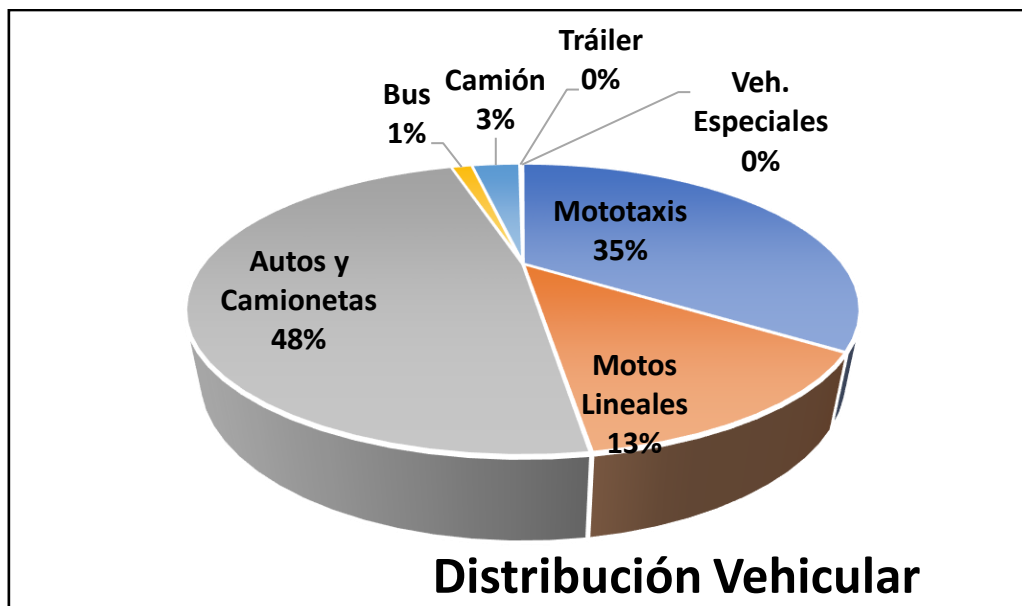


Tabla 30

Aforos vehiculares N° 9 – Intersección con el Jr. Ayacucho

Flujo	Distribución Vehicular						
	Mototaxis	Motos Lineales	Autos y Camionetas	Bus	Camión	Tráiler	Veh. Especiales
1	1	0	1	0	0	0	0
2	4519	1741	6261	179	410	13	17
3	267	103	369	11	24	1	1
4	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0
7	164	63	227	6	15	0	1
8	4536	1747	6284	179	411	13	17
9	0	0	0	0	0	0	0
10	184	71	255	7	17	1	1
11	0	0	0	0	0	0	0
12	116	45	161	5	11	0	0

5.1.2.10. Análisis de flujo vehicular: Intersección N° 10-Jr. El Mutuy

A continuación, se presenta el diagrama de flujos vehiculares conforme se aforaron, estos valores se procesan para obtener la cantidad de vehículos equivalentes para cada flujo presente en la intersección, también se analizó la composición vehicular.

Figura 26

Flujograma Aforo N° 10 – Intersección con Jr. El Mutuy

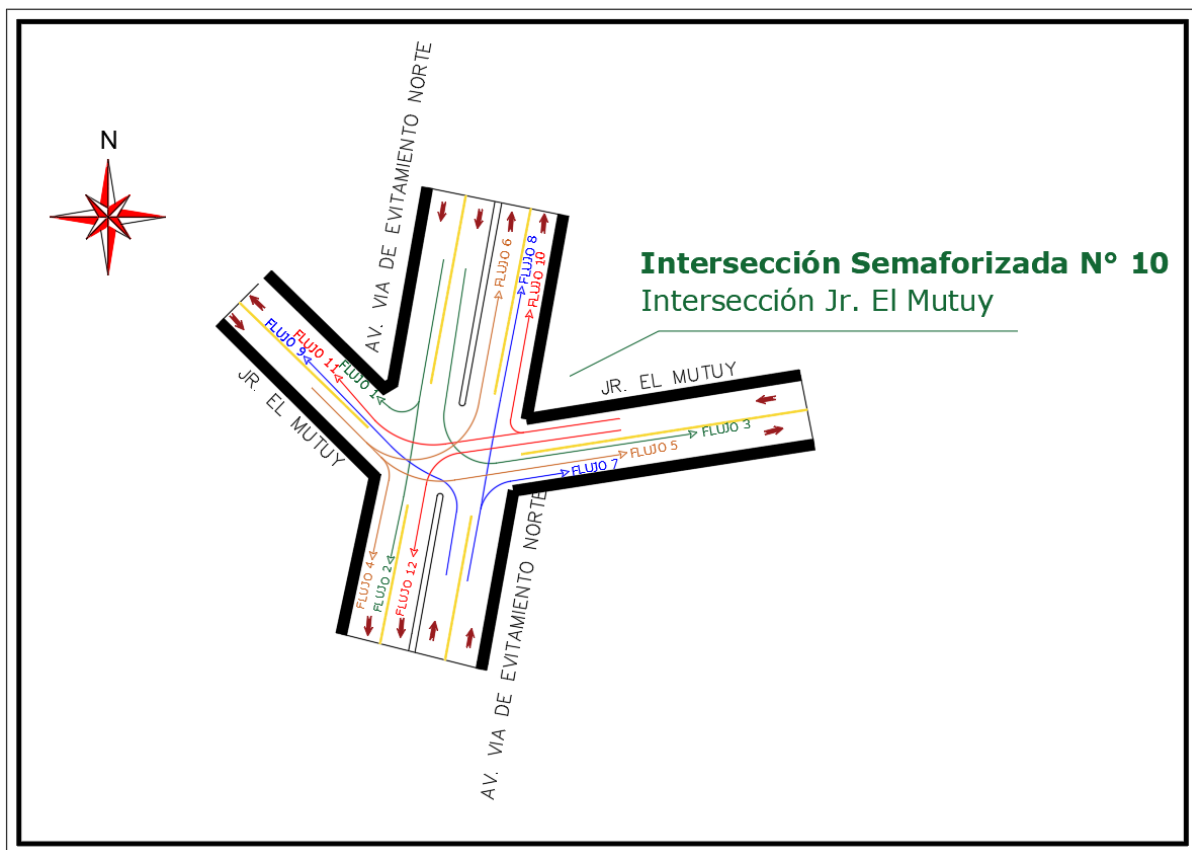


Tabla 31*Aforos vehiculares N° 10 – Intersección con el Jr. El Mutuy*

Intersección SemafORIZADA N° 10 - Intersección con Jr. El Mutuy.														
Intervalo de Tiempo		Flujo												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
7:00	-	7:15	0	381	0	0	0	0	3	285	0	4	0	9
7:15	-	7:30	0	525	0	0	0	0	4	647	0	6	0	16
7:30	-	7:45	0	247	0	0	0	0	3	296	0	4	0	9
7:45	-	8:00	0	279	0	0	0	0	3	401	0	4	0	9
8:00	-	8:15	0	309	0	0	0	0	4	313	0	5	0	7
8:15	-	8:30	0	328	0	0	0	0	3	329	0	4	0	6
8:30	-	8:45	0	330	0	0	0	0	3	348	0	4	0	6
8:45	-	9:00	0	350	0	0	0	0	3	292	0	4	0	6
9:00	-	9:15	0	373	0	0	0	0	2	418	0	4	0	5
9:15	-	9:30	0	308	0	0	0	0	2	263	0	2	0	3
9:30	-	9:45	0	318	0	0	0	0	2	315	0	2	0	3
9:45	-	10:00	0	303	0	0	0	0	2	317	0	2	0	21
10:00	-	10:15	0	329	0	0	0	0	1	318	0	3	0	2
10:15	-	10:30	0	321	0	0	0	0	2	422	0	3	0	13
10:30	-	10:45	0	336	0	0	0	0	0	443	0	3	0	20
10:45	-	11:00	0	398	0	0	0	0	2	357	0	1	0	16
11:00	-	11:15	0	286	0	0	0	0	18	249	0	7	0	19
11:15	-	11:30	0	421	0	0	0	0	18	387	0	8	0	17
11:30	-	11:45	0	391	0	0	0	0	10	355	0	3	0	23
11:45	-	12:00	0	371	0	0	0	0	4	312	0	6	0	27
12:00	-	12:15	0	353	0	0	0	0	4	363	0	7	0	24
12:15	-	12:30	0	369	0	0	0	0	6	380	0	6	0	27
12:30	-	12:45	0	327	0	0	0	0	4	349	0	4	0	15
12:45	-	13:00	0	157	0	0	0	0	2	367	0	6	0	29
13:00	-	13:15	0	261	0	0	0	0	5	305	0	0	0	16
13:15	-	13:30	0	262	0	0	0	0	5	271	0	2	0	9
13:30	-	13:45	0	75	0	0	0	0	2	68	0	1	0	10
13:45	-	14:00	0	78	0	0	0	0	3	72	0	1	0	18
14:00	-	14:15	0	79	0	0	0	0	3	69	0	2	0	9
14:15	-	14:30	0	78	0	0	0	0	4	73	0	2	0	9
14:30	-	14:45	0	364	0	0	0	0	1	342	0	3	0	14
14:45	-	15:00	0	381	0	0	0	0	2	305	0	0	0	5
15:00	-	15:15	0	367	0	0	0	0	15	296	0	3	0	8
15:15	-	15:30	0	321	0	0	0	0	3	281	0	4	0	8
15:30	-	15:45	0	322	0	0	0	0	4	277	0	6	0	11
15:45	-	16:00	0	310	0	0	0	0	4	271	0	6	0	11
16:00	-	16:15	0	346	0	0	0	0	6	309	0	7	0	13
16:15	-	16:30	0	346	0	0	0	0	9	354	0	13	0	11
16:30	-	16:45	0	361	0	0	0	0	6	322	0	8	0	16
16:45	-	17:00	0	348	0	0	0	0	6	307	0	8	0	16
17:00	-	17:15	0	380	0	0	0	0	7	341	0	9	0	19
17:15	-	17:30	0	379	0	0	0	0	7	345	0	10	0	22
17:30	-	17:45	0	452	0	0	0	0	7	407	0	10	0	20
17:45	-	18:00	0	416	0	0	0	0	9	385	0	11	0	27
18:00	-	18:15	0	429	0	0	0	0	9	391	0	11	0	27
18:15	-	18:30	0	449	0	0	0	0	10	412	0	12	0	27
18:30	-	18:45	0	585	0	0	0	0	14	547	0	16	0	39
18:45	-	19:00	0	590	0	0	0	0	19	568	0	20	0	50

Figura 27

Composición vehicular de intersección con el Jr. El Mutuy

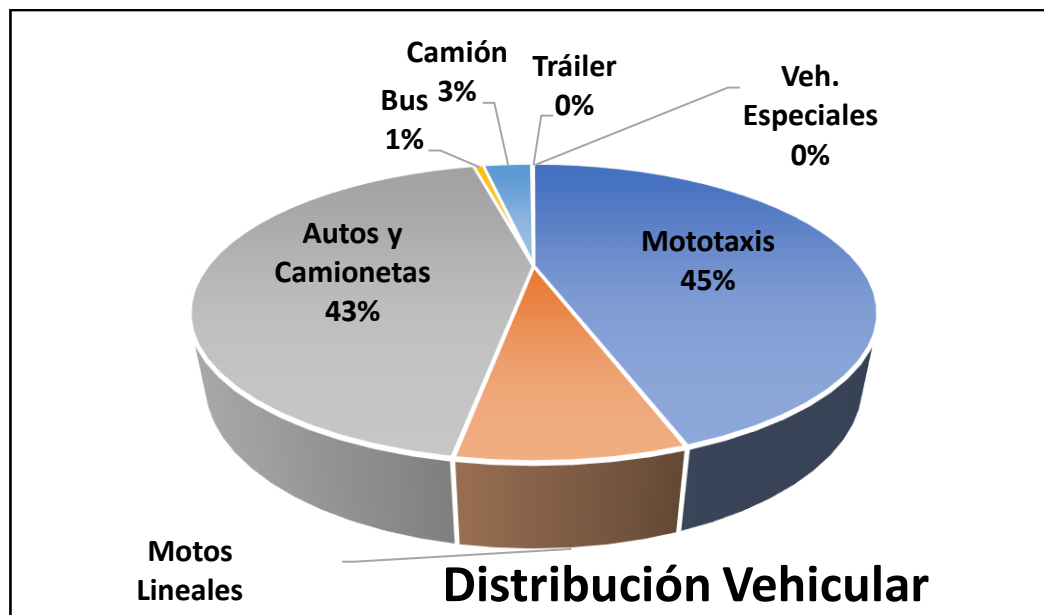


Tabla 32

Aforos vehiculares N° 10 – Intersección con el Jr. El Mutuy

Flujo	Distribución Vehicular						
	Mototaxis	Motos Lineales	Autos y Camionetas	Bus	Camión	Tráiler	Veh. Especiales
1	0	0	0	0	0	0	0
2	7184	1299	6980	102	497	25	0
3	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0
7	120	22	116	2	8	0	0
8	7076	1280	6875	100	489	25	0
9	0	0	0	0	0	0	0
10	119	22	116	2	8	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0
12	333	60	323	5	23	1	0

5.1.2.11. Análisis de flujo vehicular: Intersección N° 11-Av. Carlos Malpica

A continuación, se presenta el diagrama de flujos vehiculares conforme se aforaron, estos valores se procesan para obtener la cantidad de vehículos equivalentes para cada flujo presente en la intersección, también se analizó la composición vehicular.

Figura 28

Flujograma Aforo N° 11 – Intersección con Av. Carlos Malpica



Tabla 33*Aforos vehiculares N° 11 – Intersección con la Av. Carlo Malpica*

Intersección SemafORIZADA N° 11 - Intersección con la Av. Carlos Malpica.								
Intervalo de Tiempo		Flujo						
		1	2	3	4	5	6	
7:00	-	7:15	113	5	133	27	0	130
7:15	-	7:30	105	6	223	34	0	237
7:30	-	7:45	86	4	185	24	0	189
7:45	-	8:00	90	4	200	25	0	206
8:00	-	8:15	99	4	238	27	0	233
8:15	-	8:30	96	2	229	29	0	225
8:30	-	8:45	86	2	219	25	0	219
8:45	-	9:00	159	4	281	60	1	212
9:00	-	9:15	179	3	297	116	3	303
9:15	-	9:30	163	8	276	111	1	211
9:30	-	9:45	151	12	298	85	0	308
9:45	-	10:00	158	9	318	86	0	326
10:00	-	10:15	161	9	307	79	0	277
10:15	-	10:30	211	1	285	81	0	271
10:30	-	10:45	139	14	317	77	5	253
10:45	-	11:00	108	23	280	77	2	254
11:00	-	11:15	193	15	297	90	1	296
11:15	-	11:30	147	9	217	70	0	247
11:30	-	11:45	173	10	236	60	1	295
11:45	-	12:00	149	15	298	92	19	249
12:00	-	12:15	158	7	234	68	2	216
12:15	-	12:30	166	11	244	73	0	279
12:30	-	12:45	189	10	254	73	5	239
12:45	-	13:00	186	6	237	34	4	246
13:00	-	13:15	160	11	288	77	1	319
13:15	-	13:30	189	5	257	66	0	331
13:30	-	13:45	151	13	217	69	3	242
13:45	-	14:00	128	23	262	87	0	359
14:00	-	14:15	126	23	262	87	0	311
14:15	-	14:30	112	17	231	77	0	274
14:30	-	14:45	120	16	254	84	0	280
14:45	-	15:00	169	16	336	80	1	316
15:00	-	15:15	139	13	320	106	0	367
15:15	-	15:30	203	11	353	75	4	336
15:30	-	15:45	174	3	350	133	0	358
15:45	-	16:00	191	19	325	154	0	214
16:00	-	16:15	179	13	331	120	3	341
16:15	-	16:30	140	5	310	113	14	299
16:30	-	16:45	175	32	282	127	0	370
16:45	-	17:00	176	33	291	131	0	378
17:00	-	17:15	188	37	305	142	0	414
17:15	-	17:30	197	40	311	145	0	425
17:30	-	17:45	184	37	319	144	0	452
17:45	-	18:00	198	41	326	147	0	445
18:00	-	18:15	211	41	327	167	0	449
18:15	-	18:30	177	37	279	139	0	364
18:30	-	18:45	98	21	157	82	0	196
18:45	-	19:00	94	34	165	265	0	231

Figura 29

Composición vehicular de intersección con Av. Carlos Malpica

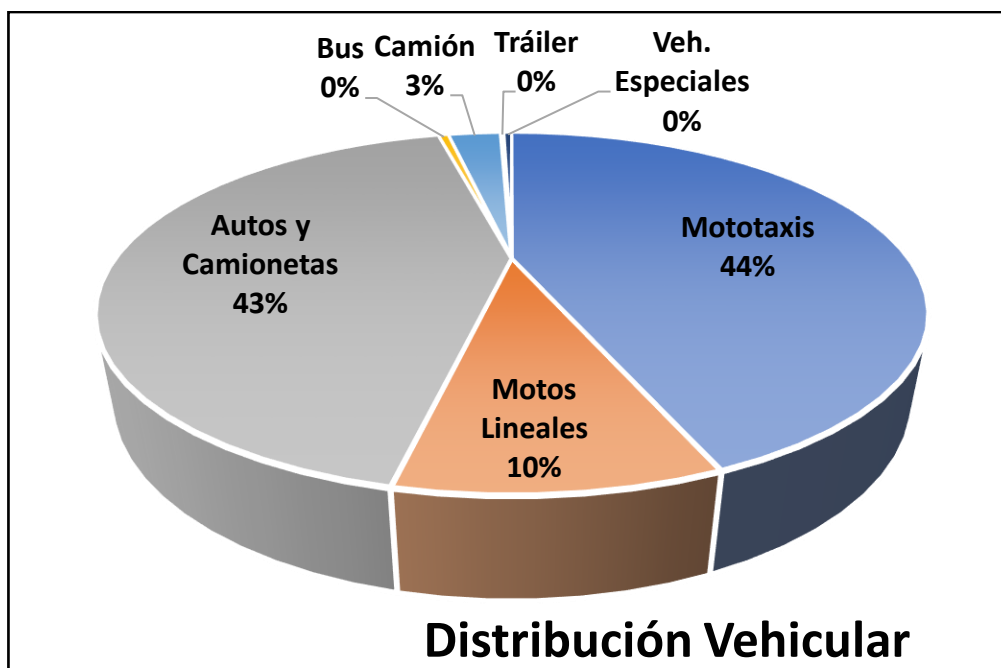


Tabla 34

Aforos vehiculares N° 11 – Intersección con Av. Carlos Malpica

Flujo	Distribución Vehicular						
	Mototaxis	Motos Lineales	Autos y Camionetas	Bus	Camión	Tráiler	Veh. Especiales
1	3211	703	3129	57	200	13	31
2	318	70	310	6	20	1	3
3	5667	1240	5522	1	353	23	54
4	1898	415	1849	34	118	8	18
5	30	7	30	1	2	0	0
6	6116	1339	5959	109	381	25	59

5.1.2.12. Análisis de flujo vehicular: Intersección N° 12-Jr. El Inca

A continuación, se presenta el diagrama de flujos vehiculares conforme se aforaron, estos valores se procesan para obtener la cantidad de vehículos equivalentes para cada flujo presente en la intersección, también se analizó la composición vehicular.

Figura 30.

Flujograma Aforo N° 12 – Intersección con Jr. El Inca

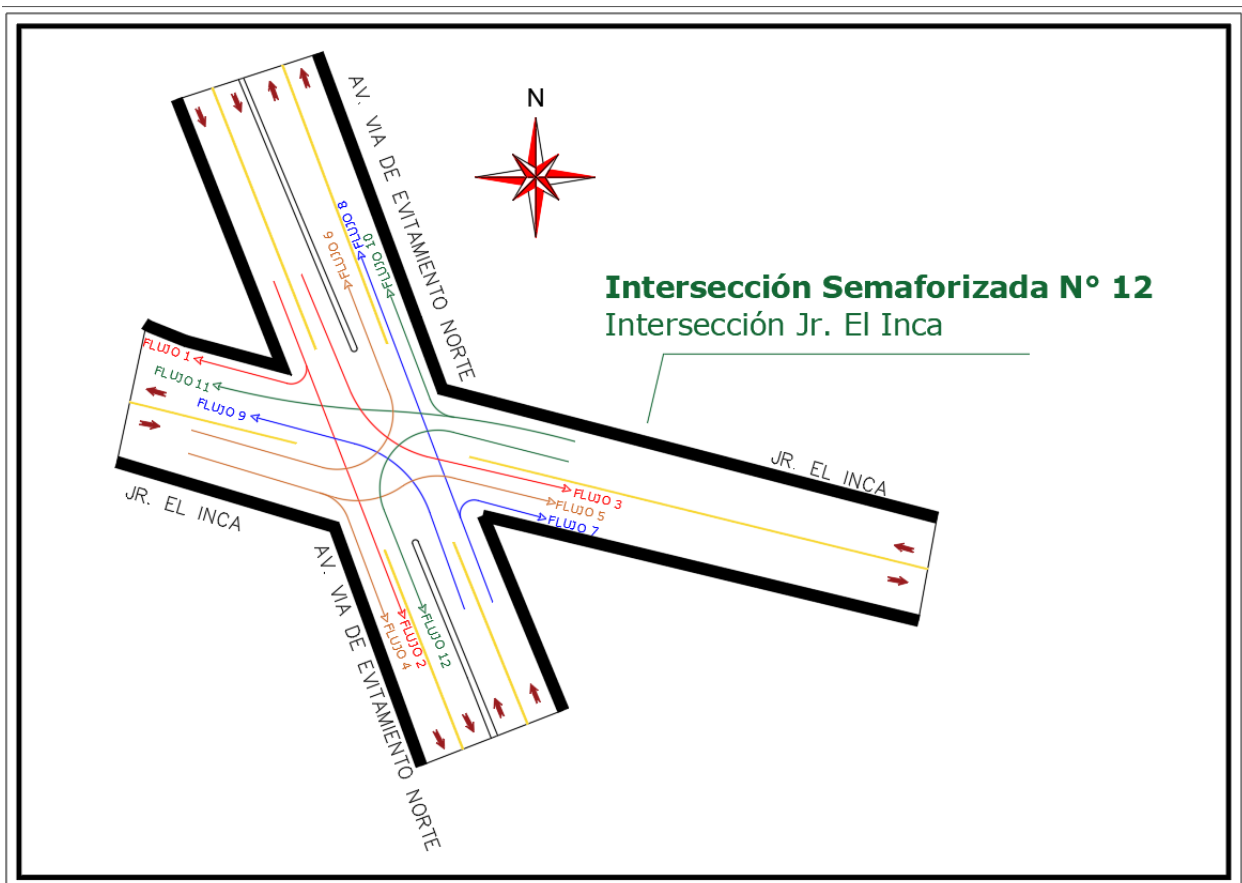


Tabla 35

Aforos vehiculares N° 12 – Intersección con el Jr. El Inca.

Intersección Semaforizada N° 12 - Intersección con Jr. El Inca.														
Intervalo de Tiempo			Flujo											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
7:00	-	7:15	1	154	50	18	0	1	98	91	1	132	1	14
7:15	-	7:30	2	212	68	43	1	1	224	112	1	161	1	18
7:30	-	7:45	1	162	48	29	0	1	150	82	1	112	0	13
7:45	-	8:00	1	245	48	38	0	1	286	106	1	124	1	14
8:00	-	8:15	1	102	41	22	0	1	53	67	1	96	1	11
8:15	-	8:30	0	73	29	22	0	0	32	38	2	100	0	19
8:30	-	8:45	0	81	67	31	0	1	141	118	2	15	0	22
8:45	-	9:00	0	91	36	24	0	1	15	15	2	20	1	21
9:00	-	9:15	0	97	39	14	0	1	41	69	1	2	1	21
9:15	-	9:30	0	55	67	24	0	1	29	78	0	2	1	14
9:30	-	9:45	0	239	29	18	0	1	59	57	1	10	1	34
9:45	-	10:00	0	52	62	18	0	1	76	58	1	3	1	28
10:00	-	10:15	0	95	60	22	0	1	39	63	1	87	0	19
10:15	-	10:30	0	123	57	9	2	1	259	66	2	33	0	7
10:30	-	10:45	0	99	52	15	0	1	79	47	3	30	1	32
10:45	-	11:00	0	100	65	20	0	0	105	211	1	76	1	26
11:00	-	11:15	0	88	71	15	0	1	29	56	1	56	4	55
11:15	-	11:30	0	70	83	24	0	1	13	231	2	11	1	32
11:30	-	11:45	0	73	48	15	0	0	29	54	1	3	0	19
11:45	-	12:00	0	77	51	10	0	1	69	92	2	0	1	23
12:00	-	12:15	0	79	70	23	0	1	191	73	2	43	3	65
12:15	-	12:30	2	80	63	18	0	0	48	80	1	47	1	27
12:30	-	12:45	0	176	64	21	0	0	23	67	1	4	1	31
12:45	-	13:00	0	152	68	33	1	1	39	96	1	9	1	46
13:00	-	13:15	1	227	162	8	4	1	103	165	2	18	1	73
13:15	-	13:30	1	145	87	35	1	1	74	89	1	9	1	47
13:30	-	13:45	1	171	98	49	1	1	52	137	1	9	1	63
13:45	-	14:00	1	128	119	33	1	1	58	119	2	9	1	46
14:00	-	14:15	0	85	59	18	0	1	74	69	1	13	1	27
14:15	-	14:30	0	104	55	18	1	1	76	118	1	18	1	26
14:30	-	14:45	1	82	60	24	0	1	82	100	1	13	1	37
14:45	-	15:00	0	137	74	27	1	1	147	62	1	21	1	31
15:00	-	15:15	0	73	67	9	0	0	24	40	0	56	1	21
15:15	-	15:30	3	112	77	8	1	2	83	76	1	80	1	20
15:30	-	15:45	0	135	71	27	0	1	67	75	1	118	1	42
15:45	-	16:00	0	113	90	17	0	1	98	165	0	11	1	31
16:00	-	16:15	0	97	56	20	0	1	60	51	1	49	1	42
16:15	-	16:30	1	132	63	31	1	1	35	112	0	5	1	39
16:30	-	16:45	0	61	34	11	0	0	82	64	0	38	1	36
16:45	-	17:00	0	123	94	25	0	1	210	68	1	81	1	34
17:00	-	17:15	0	113	98	20	0	1	179	63	3	71	1	34
17:15	-	17:30	0	104	85	20	0	0	15	68	0	6	1	36
17:30	-	17:45	1	160	132	28	0	1	56	98	1	24	1	31
17:45	-	18:00	0	115	105	25	0	1	15	96	1	3	1	35
18:00	-	18:15	0	56	122	24	0	1	45	48	0	80	1	53
18:15	-	18:30	0	122	132	30	0	1	33	83	1	44	1	30
18:30	-	18:45	1	220	188	44	1	1	182	170	2	28	1	53
18:45	-	19:00	1	187	173	40	1	1	148	149	2	28	1	45

Figura 31

Composición vehicular de intersección con el Jr. El Inca

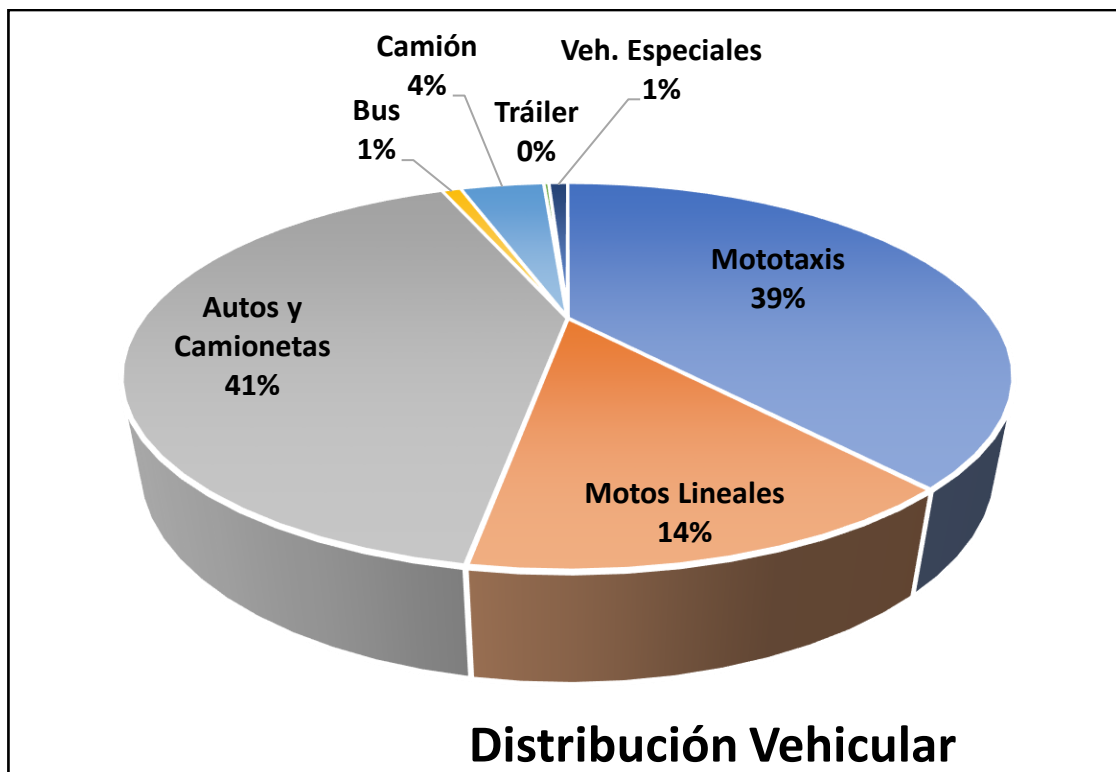


Tabla 36

Aforos vehiculares N° 12 – Intersección con el Jr. El Inca

Flujo	Distribución Vehicular						
	Mototaxis	Motos Lineales	Autos y Camionetas	Bus	Camión	Tráiler	Veh. Especiales
1	10	4	11	0	1	0	0
2	2226	816	2375	54	235	15	54
3	1403	514	1497	34	148	9	34
4	430	157	458	10	45	3	10
5	10	4	11	0	1	0	0
6	15	5	16	0	2	0	0
7	1590	583	1697	38	168	10	38
8	1663	610	1775	40	175	11	40
9	22	8	23	1	2	0	1
10	774	284	826	19	82	5	19
11	15	5	16	0	2	0	0
12	595	218	634	14	63	4	14

5.1.2.13. Análisis de flujo vehicular: Intersección N° 12-Jr. El Inca

A continuación, se presenta el diagrama de flujos vehiculares conforme se aforaron, estos valores se procesan para obtener la cantidad de vehículos equivalentes para cada flujo presente en la intersección, también se analizó la composición vehicular.

Figura 32

Flujograma Aforo N° 13 – Intersección con Jr. Atahualpa

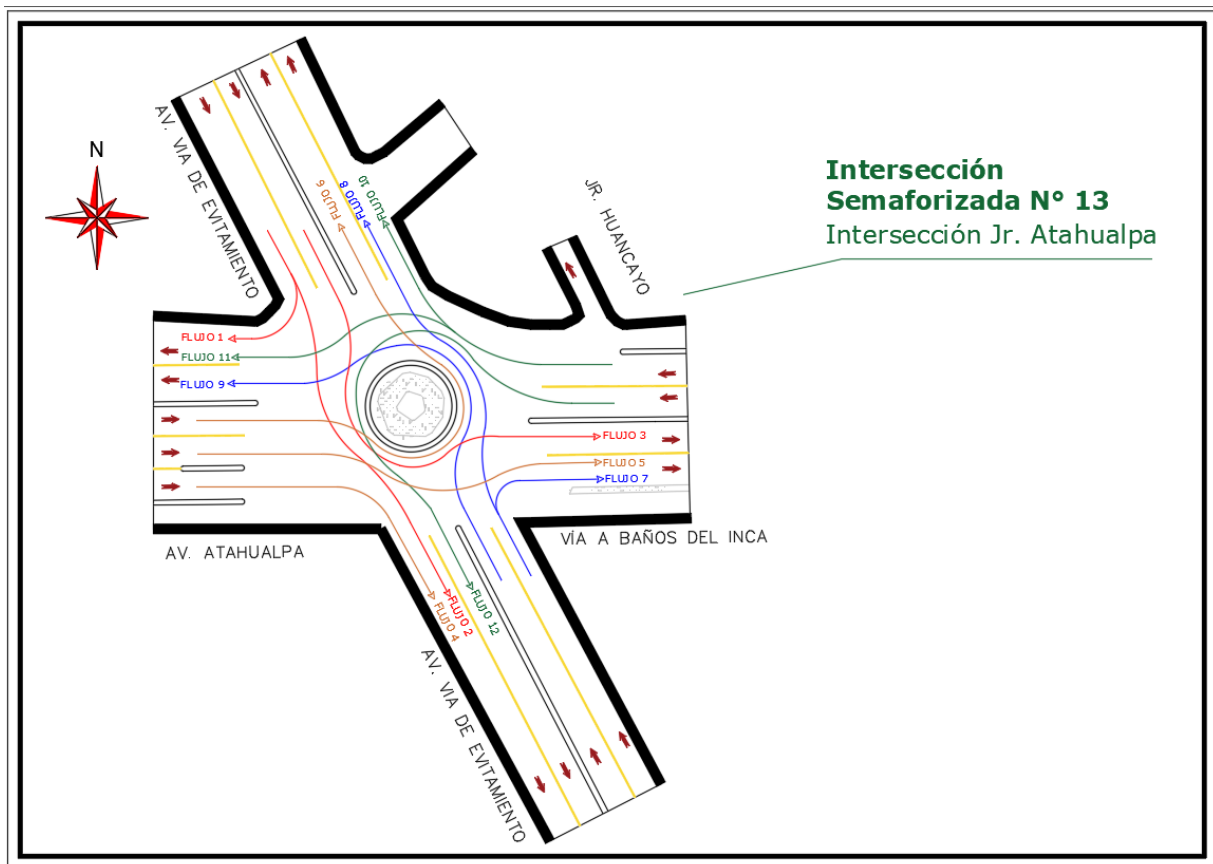


Tabla 37*Aforos vehiculares N° 13 – Intersección con la Jr. Atahualpa*

Intersección Semaforizada N° 13 - Rotonda Musical.													
Intervalo de Tiempo		Flujo											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
7:00 - 7:15		57	235	83	189	148	118	32	180	28	57	141	17
7:15 - 7:30		78	325	113	267	179	144	72	220	33	78	192	22
7:30 - 7:45		55	247	80	183	127	103	48	161	33	55	136	16
7:45 - 8:00		55	374	79	237	140	135	92	209	28	55	135	17
8:00 - 8:15		47	155	69	136	121	58	17	132	19	47	117	13
8:15 - 8:30		33	111	48	138	117	47	10	75	52	34	82	24
8:30 - 8:45		77	125	112	194	174	101	45	232	48	77	190	27
8:45 - 9:00		42	139	60	153	129	64	5	30	46	42	103	25
9:00 - 9:15		44	148	64	88	126	65	13	136	17	44	109	26
9:15 - 9:30		76	129	70	150	116	89	9	107	9	76	187	40
9:30 - 9:45		33	106	47	113	140	58	19	113	20	33	80	42
9:45 - 10:00		71	79	63	115	139	63	24	113	31	71	174	34
10:00 - 10:15		68	145	99	138	134	67	13	125	25	68	168	23
10:15 - 10:30		65	188	95	34	152	81	83	131	44	65	161	8
10:30 - 10:45		59	159	86	92	145	63	25	93	89	59	146	39
10:45 - 11:00		74	153	108	82	139	42	34	123	61	75	184	32
11:00 - 11:15		45	135	118	92	106	69	9	110	60	82	201	26
11:15 - 11:30		17	106	137	152	143	77	13	137	43	95	234	39
11:30 - 11:45		39	111	79	94	118	32	9	177	17	55	134	23
11:45 - 12:00		19	118	84	60	85	58	5	182	30	58	144	29
12:00 - 12:15		75	121	115	144	112	66	20	211	52	80	196	30
12:15 - 12:30		30	122	104	113	106	44	5	158	63	72	177	24
12:30 - 12:45		55	165	105	131	146	104	2	132	17	74	106	38
12:45 - 13:00		101	232	138	204	207	73	4	188	26	78	144	56
13:00 - 13:15		126	348	269	325	311	130	11	325	58	186	220	89
13:15 - 13:30		109	221	144	216	196	79	6	176	31	100	141	57
13:30 - 13:45		151	261	162	305	285	106	6	271	36	112	172	77
13:45 - 14:00		105	196	196	205	217	80	6	235	47	136	132	56
14:00 - 14:15		62	130	98	113	123	51	8	136	25	68	86	33
14:15 - 14:30		68	159	91	113	184	53	8	234	24	63	105	32
14:30 - 14:45		99	126	100	150	173	69	9	198	26	69	92	45
14:45 - 15:00		81	190	123	76	187	97	16	123	34	85	89	38
15:00 - 15:15		30	161	52	55	111	33	3	78	13	77	84	26
15:15 - 15:30		27	172	73	118	143	110	9	151	25	89	104	25
15:30 - 15:45		46	207	118	169	151	91	10	149	24	82	139	51
15:45 - 16:00		62	173	150	104	175	68	11	202	9	104	121	37
16:00 - 16:15		15	148	93	125	126	73	6	100	47	64	114	20
16:15 - 16:30		94	202	122	195	201	87	4	221	12	72	172	47
16:30 - 16:45		36	93	56	70	102	42	9	126	4	39	122	44
16:45 - 17:00		61	188	155	157	141	68	22	133	34	107	94	41
17:00 - 17:15		73	173	162	125	123	123	19	125	69	112	127	41
17:15 - 17:30		46	158	140	127	148	47	2	133	12	97	187	44
17:30 - 17:45		89	245	219	174	138	57	6	194	33	152	120	38
17:45 - 18:00		44	176	174	159	154	107	2	190	29	120	134	42
18:00 - 18:15		14	85	202	152	86	79	5	94	13	140	107	65
18:15 - 18:30		32	187	218	189	162	73	4	164	28	151	138	36
18:30 - 18:45		165	336	311	273	236	90	19	336	66	216	189	65
18:45 - 19:00		134	285	286	249	210	87	16	294	57	198	158	55

Figura 33

Composición vehicular de intersección con el Jr. Atahualpa

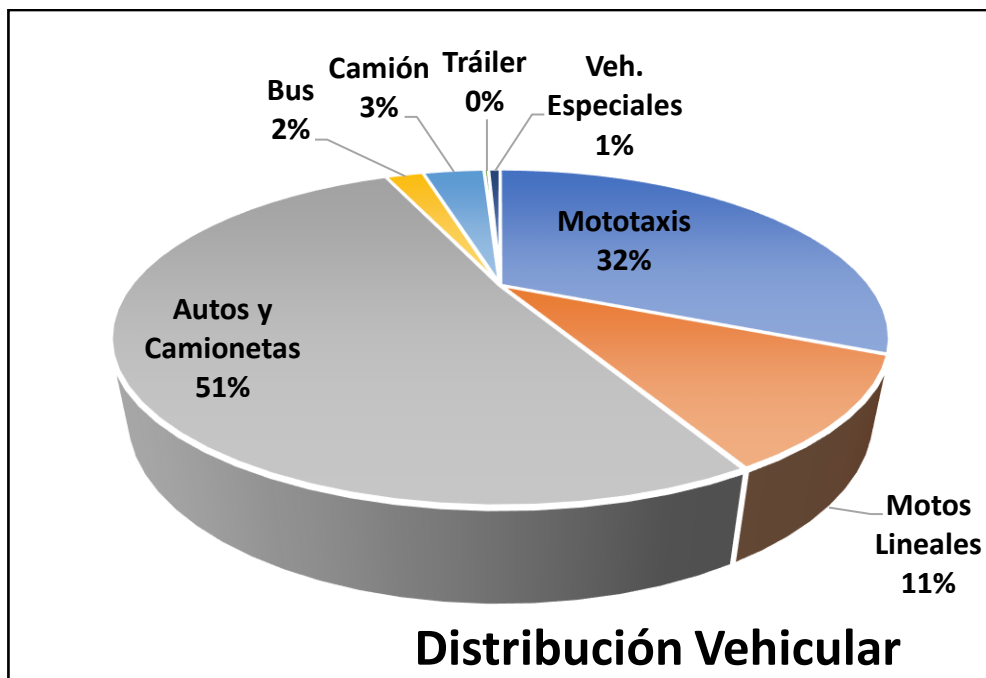


Tabla 38

Aforos vehiculares N° 13 – Intersección con el Jr. Atahualpa

Flujo	Distribución Vehicular						
	Mototaxis	Motos Lineales	Autos y Camionetas	Bus	Camión	Tráiler	Veh. Especiales
1	973	324	1588	66	107	8	21
2	2695	897	4399	182	296	22	57
3	1851	616	3021	125	203	15	39
4	2284	760	3728	154	251	18	48
5	2314	770	3776	156	254	19	49
6	1173	390	1915	79	129	9	25
7	260	87	425	18	29	2	6
8	2478	824	4045	167	272	20	52
9	519	173	848	35	57	4	11
10	1315	437	2146	89	144	11	28
11	2141	712	3494	145	235	17	45
12	559	186	912	38	61	5	12

5.1.3. Medición de los ciclos estáticos existentes

Los ciclos semafóricos presentes para cada intersección se midieron obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 39

Ciclos semafóricos existentes en las intersecciones estudiadas

DURACIÓN DE CICLO SEMAFÓRICO MEDIDO INSITU	
INTERECCIONES	C_o
Intersección N° 1 - Vía de Evitamiento con Jr. Angamos	96 seg
Intersección N° 2 - Vía de Evitamiento con Jr. Chanchamayo	94 seg
Intersección N° 3 - Vía de Evitamiento con Jr. Miguel Iglesias	95 seg
Intersección N° 4 - Vía de Evitamiento con Jr. Los Sauces	81 seg
Intersección N° 5 - Vía de Evitamiento con Prol. Revilla Pérez	91 seg
Intersección N° 6 - Vía de Evitamiento con Jr. Sta Teresa Journet	81 seg
Intersección N° 7 - Vía de Evitamiento con Av. Hoyos Rubio	195 seg
Intersección N° 8 - Vía de Evitamiento con Jr. Zoilo León	96 seg
Intersección N° 9 - Vía de Evitamiento con Jr. Ayacucho	93 seg
Intersección N° 10 - Vía de Evitamiento con Jr. El Mutuy	100 seg
Intersección N° 11 - Vía de Evitamiento con Av. Carlos Malpica	90 seg
Intersección N° 12 - Vía de Evitamiento con Jr. El Inca	84 seg
Intersección N° 13 - Vía de Evitamiento con Jr. Atahualpa	94 seg

Con la duración de cada ciclo y los valores de flujos vehiculares máximos podemos determinar con la ayuda del software Synrho la capacidad vehicular de cada intersección.

5.1.4. Diseño de ciclo semafórico variable

Para calcular el ciclo semafórico, se analiza la variación de los flujos vehiculares para cada hora del día.

Tabla 40

Volúmenes vehiculares horarios de la intersección N°1

Intersección Semaforizada N° 1 - Intersección con el Jr. Angamos.						
Intervalo de Tiempo	Flujo					
	1	2	3	4	5	6
7:00 - 8:00	454	406	482	330	323	314
8:00 - 9:00	803	687	705	427	615	511
9:00 - 10:00	632	539	596	480	599	461
10:00 - 11:00	554	440	520	337	474	417
11:00 - 12:00	493	400	449	264	493	395
12:00 - 13:00	689	603	487	408	691	558
13:00 - 14:00	699	469	635	212	594	449
14:00 - 15:00	475	386	440	306	429	340
15:00 - 16:00	451	403	474	273	457	363
16:00 - 17:00	458	370	442	318	432	322
17:00 - 18:00	421	355	373	311	374	304
18:00 - 19:00	539	416	424	359	517	403

El cálculo de la duración óptima del ciclo por cada hora se realiza empleando el método de Webster, considerando las siguientes ecuaciones:

$$C_o = \frac{1.5L + 5}{1 - \sum_{i=1}^{\phi} Y_i} \quad \dots(68)$$

Donde:

Co = tiempo óptimo de ciclo (s)

L = tiempo total perdido por ciclo (s)

Yi = Tasa de saturación por carril

φ = número de fases

(Ambar + Todo Rojo)

$$y = \left(t + \frac{v}{2a} \right) + \left(\frac{W+L}{v} \right) \dots(67)$$

Donde:

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

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

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

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

W = ancho de la intersección (m)

L = longitud del vehículo (valor sugerido 6.10 m)

A la variación de la duración de ciclo óptimo para cada hora según la variación de la densidad vehicular es a lo que llamamos ciclo semafórico dinámico, en la siguiente tabla se encuentra el ciclo dinámico para cada intersección estudiada.

Tabla 41

Duración de ciclo óptimo de la intersección N°1

Ciclo Óptimo - Intersección SemafORIZADA N° 1 - Intersección con el Jr. Angamos.

Flujo			1	2	3	4	5	6								
Número de Carriles			1	1	1	1	2	2	Fase 1				Fase 2			
Sentido			Derecha	De frente	Izquierda	De frente	Derecha	Izquierda	Flujo				Flujo			
Coeficiente de Giro			1.1	1	1.2	1.1	1	1.2	1	2	3	4	5	6	Ciclo Óptimo (Seg)	
INTERVALO DE TIEMPO	7:00	-	8:00	454	406	482	330	323	314	500	406	578	363	162	189	88
	8:00	-	9:00	803	687	705	427	615	511	884	687	847	469	308	307	119
	9:00	-	10:00	632	539	596	480	599	461	695	539	715	528	300	277	105
	10:00	-	11:00	554	440	520	337	474	417	609	440	624	371	237	250	91
	11:00	-	12:00	493	400	449	264	493	395	542	400	539	290	246	237	86
	12:00	-	13:00	689	603	487	408	691	558	758	603	585	449	346	335	128
	13:00	-	14:00	699	469	635	212	594	449	769	469	762	233	297	270	105
	14:00	-	15:00	475	386	440	306	429	340	523	386	528	337	215	204	84
	15:00	-	16:00	451	403	474	273	457	363	496	403	569	300	229	218	85
	16:00	-	17:00	458	370	442	318	432	322	504	370	530	350	216	193	84
	17:00	-	18:00	421	355	373	311	374	304	463	355	448	342	187	183	80
	18:00	-	19:00	539	416	424	359	517	403	593	416	508	395	259	242	95

Empleando el mismo procedimiento se obtiene un ciclo semafórico para cada una de las 13 intersecciones obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 42

Ciclo semafórico dinámico: resumen de cada intersección

Hora	Ciclo Dinámico (Segundos)												
	Intersecciones Semaforizadas												
	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5	N° 6	N° 7	N° 8	N° 9	N° 10	N° 11	N° 12	N° 13
7:00	88	88	74	85	85	76	203	88	92	105	79	104	88
8:00	119	95	83	86	86	75	144	100	89	99	82	86	95
9:00	105	95	101	86	86	76	137	97	88	99	91	82	95
10:00	91	94	93	86	88	76	142	99	90	102	88	84	94
11:00	86	94	92	87	92	77	138	99	92	103	88	81	94
12:00	128	99	163	87	90	82	158	97	91	101	85	91	99
13:00	105	96	71	87	91	96	257	94	82	91	88	137	96
14:00	84	89	71	85	85	93	153	99	83	93	89	88	89
15:00	85	89	72	87	87	84	151	99	89	98	95	86	89
16:00	84	92	72	89	87	79	161	101	92	101	96	89	92
17:00	80	90	69	89	87	75	177	103	96	106	102	98	90
18:00	95	98	85	92	95	76	278	111	117	118	95	129	98

5.1.5. Cálculo de la capacidad vehicular empleando el software Synrho

5.1.5.1. Capacidad vehicular para ciclo semafórico estático existente

Luego sobre esta imagen se dibuja la vía tomando en cuenta en cada una de sus intersecciones los sentidos y los carriles, así como los aforos vehiculares según el aforo realizado y la duración de los ciclos semafóricos con el fin de obtener la capacidad vehicular máxima que puede soportar dicha intersección.

Con el programa podemos obtener la capacidad vehicular y según el tiempo de duración del ciclo semafórico real y el modelo dinámico.

Figura 34
Software Synchro 8, imagen de la ciudad de Cajamarca importada

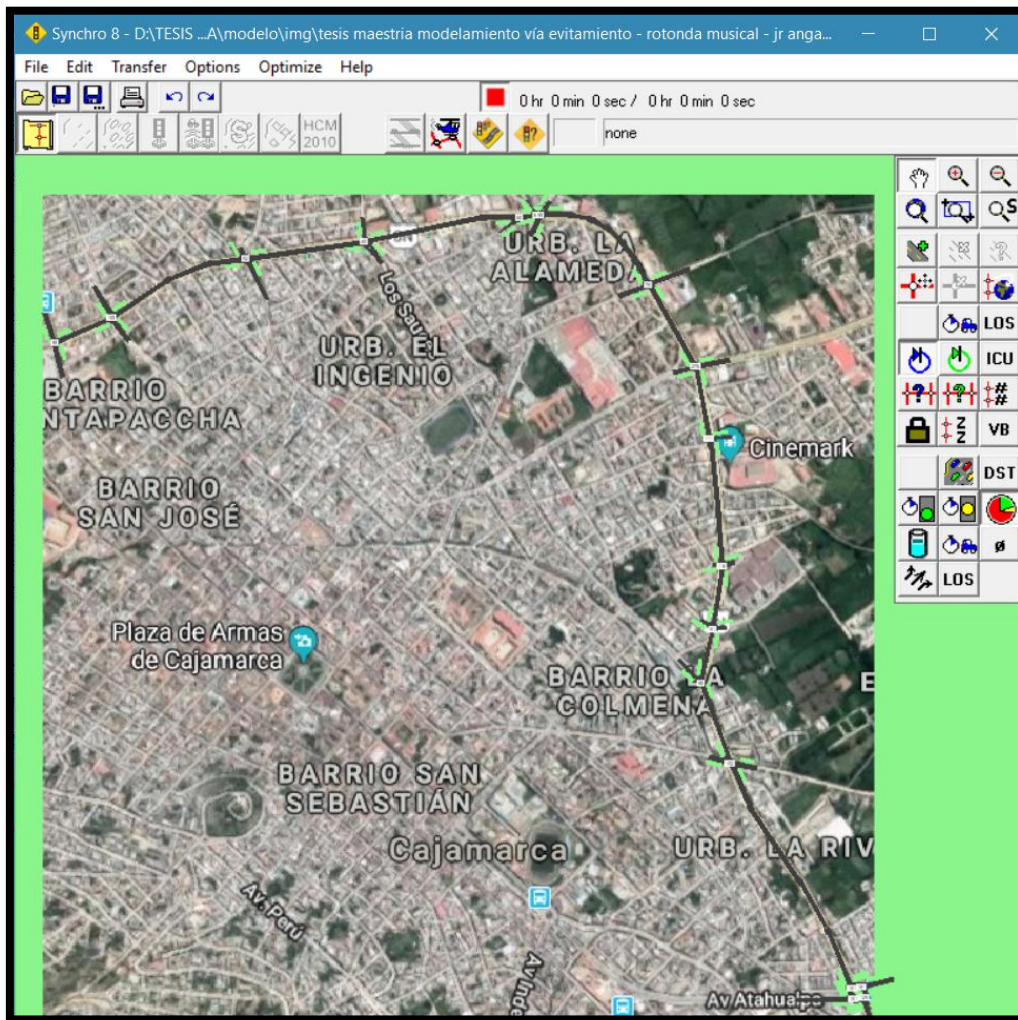


Figura 35
Software Synchro 8, geometría, aforos de una intersección



Los resultados luego de la evaluación con el software Synchro para las intersecciones semaforizadas son las siguientes:

Figura 36

Capacidad vehicular para ciclo real intersección N°1 – Jr. Angamos

HCM 2010 INTERSECTION		HCM 2010 SETTINGS							
		WBL	WBR	NBT	NBR	SBL	SBT	PED	HOLD
Node #		16.0	16.0	72.0	—	72.0	72.0	—	—
Description		5.0	5.0	5.0	—	5.0	5.0	—	—
Control Type	Pretimed	11.0	11.0	11.0	—	11.0	11.0	—	—
Cycle Length (s)	96.0	16.0	16.0	16.0	—	16.0	16.0	—	—
Lock Timings:	<input type="checkbox"/>	Max	Max	Max	—	Max	Max	—	—
HCM Equilibrium Cycle(s)	96.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	—	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	—	—
HCM Control Delay(s)	12.8	—	0	—	—	—	—	—	—
HCM Intersection LOS:	B	2	2	2	2	2	2	—	—
Analysis Time Period (h)	0.25	—	—	0.95	—	—	0.95	—	—
Saturation Flow Rate (pc/h/ln)	1900	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	—	—
Sneakers Per Cycle (veh)	2.0	0.0	0.0	0.0	—	—	0.0	—	—
Number of Calc. Iterations:	70	2.0	2.0	2.0	—	—	2.0	—	—
Stored Passenger Car Length (m)	8.0	2.0	2.0	2.0	—	—	2.0	—	—
Stored Heavy Vehicle Length (m)	14.4	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	—	—
Probability Peds. Pushing Button:	0.51	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	—	—
Deceleration Rate (ft/s/s):	4.00	—	0	—	0	—	—	—	—
Acceleration Rate (ft/s/s):	3.50	—	0	—	0	—	—	—	—
Distance Between Stored Cars (ft):	8.00	0	0	0	—	—	0	—	—
Queue Length Percentile	50	50	—	50	—	—	50	—	—
Left-Turn Equivalency Factor:	1.05	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	—	—
Right-Turn Equivalency Factor:	1.18	2	2	2	2	2	2	—	—
Heavy Veh Equivalency Factor:	2.00	154.0	154.0	94.8	94.8	77.2	77.2	—	—
Critical Gap for Perm. Left Turn (s)	4.5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	—	—
Follow-up Time for Perm. L Turn (s)	2.5	—	—	—	—	—	—	—	—
Stop Threshold Speed (mph):	5.0	0	0	0	0	0	0	—	—
Critical Merge Gap (s):	3.7	300	300	300	—	—	300	—	—
		Adjusted Flow Rate (veh/h)	59	71	164	0	0	155	—
		HCM 2010 Capacity (veh/h)	296	264	2794	0	38	2794	—
		HCM Volume/Capacity	0.199	0.268	0.059	0.000	0.000	0.056	—
		Initial Queue (veh)	0	0	0	—	—	0	—
		Speed limit (km/h)	50	—	50	—	—	50	—
		Lane Width (m)	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	—
		Receiving Lanes	2	2	2	2	2	2	—
		Turn Bay or Segment Length (m)	154.0	154.0	94.8	94.8	77.2	77.2	—
		Parking present?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	—
		Parking Maneuvers (#/hr)	—	—	—	—	—	—	—
		Bus Stopping Rate, (#/hr)	0	0	0	0	0	0	—
		Stop Line Detector Length (m)	300	300	300	—	—	300	—

↑	a2
76 s	
↓	a6
76 s	
Intersection Node ID number	

Figura 37

Capacidad vehicular para ciclo real intersección N°2 – Jr. Chanchamayo

HCM 2010 INTERSECTION	HCM 2010 SETTINGS	Auto Mode		Pedestrian Mode		Bicycle Mode		PED	HOLD
		WBL	WBR	NBT	NBR	SBL	SBT		
Node #	Maximum Green (s)	16.0	16.0	72.0	72.0	72.0	72.0		
Description	Walk Time (s)	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0		
Control Type	Flash Dont Walk (s)	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0		
Cycle Length (s)	Walk+ ped. clear (s)	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0		
Lock Timings	Recall Mode	Max	Max	Max	Max	Max	Max		
HCM Equilibrium Cycle(s)	Dual Entry?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
HCM Control Delay(s)	Right Turn on Red Volume (vph)	0	0	0	0	0	0		
HCM Intersection LOS	Percent Heavy Vehicles (%)	2	2	2	2	2	2		
Analysis Time Period (h)	Lane Utilization Adj Factor	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95		
Saturation Flow Rate (pc/h/ln)	Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92		
Sneakers Per Cycle (veh)	Lost Time Adjust (s)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
Number of Calc. Iterations	Startup Lost Time (s)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0		
Stored Passenger Car Length (m)	Extension of Effect Green Time (s)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0		
Stored Heavy Vehicle Length (m)	HCM Platoon Ratio	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
Probability Peds. Pushing Button	HCM Upstream Filtering Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
Deceleration Rate (ft/s/s)	Pedestrian volume (p/h)	0	0	0	0	0	0		
Acceleration Rate (ft/s/s)	Bicycle volume (bicycles/h)	0	0	0	0	0	0		
Distance Between Stored Cars (ft)	Initial Queue (veh)	0	0	0	0	0	0		
Queue Length Percentile	Speed limit (km/h)	50	50	50	50	50	50		
Left-Turn Equivalency Factor	Lane Width (m)	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6		
Right-Turn Equivalency Factor	Receiving Lanes	2	2	2	2	2	2		
Heavy Veh Equivalency Factor	Turn Bay or Segment Length (m)	154.0	154.0	94.8	94.8	77.2	77.2		
Critical Gap for Perm. Left Turn (s)	Parking present?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Follow-up Time for Perm. L Turn (s)	Parking Maneuvers (#/h)	0	0	0	0	0	0		
Stop Threshold Speed (mph)	Bus Stopping Rate (#/h)	0	0	0	0	0	0		
Critical Merge Gap (s)	Stop Line Detector Length (m)	300	300	300	300	300	300		
	Adjusted Flow Rate (veh/h)	59	71	164	0	0	155		
	HCM 2010 Capacity (veh/h)	296	264	2794	0	38	2794		
	HCM Volume/Capacity	0.199	0.268	0.059	0.000	0.000	0.056		

Figura 38

Capacidad vehicular para ciclo real intersección N°3 – Jr. Miguel Iglesias

HCM 2010 INTERSECTION	HCM 2010 SETTINGS	Auto Mode		Pedestrian Mode		Bicycle Mode		PED	HOLD		
		EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR			NBL	NBT
Node #	Maximum Green (s)	50.0	50.0	50.0	50.0	37.0	37.0				
Description	Walk Time (s)	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0				
Control Type	Flash Dont Walk (s)	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0				
Cycle Length (s)	Walk+ ped. clear (s)	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0				
Lock Timings	Recall Mode	Max	Max	Max	Max	Max	Max				
HCM Equilibrium Cycle(s)	Dual Entry?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				
HCM Control Delay(s)	Right Turn on Red Volume (vph)	0	0	0	0	0	0				
HCM Intersection LOS	Percent Heavy Vehicles (%)	2	2	2	2	2	2				
Analysis Time Period (h)	Lane Utilization Adj Factor	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95				
Saturation Flow Rate (pc/h/ln)	Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92				
Sneakers Per Cycle (veh)	Lost Time Adjust (s)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
Number of Calc. Iterations	Startup Lost Time (s)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0				
Stored Passenger Car Length (m)	Extension of Effect Green Time (s)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0				
Stored Heavy Vehicle Length (m)	HCM Platoon Ratio	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00				
Probability Peds. Pushing Button	HCM Upstream Filtering Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00				
Deceleration Rate (ft/s/s)	Pedestrian volume (p/h)	0	0	0	0	0	0				
Acceleration Rate (ft/s/s)	Bicycle volume (bicycles/h)	0	0	0	0	0	0				
Distance Between Stored Cars (ft)	Initial Queue (veh)	0	0	0	0	0	0				
Queue Length Percentile	Speed limit (km/h)	50	50	50	50	50	50				
Left-Turn Equivalency Factor	Lane Width (m)	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6				
Right-Turn Equivalency Factor	Receiving Lanes	2	2	2	2	2	2				
Heavy Veh Equivalency Factor	Turn Bay or Segment Length (m)	85.9	85.9	85.9	319.2	319.2	319.2	116.8	116.8		
Critical Gap for Perm. Left Turn (s)	Parking present?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Follow-up Time for Perm. L Turn (s)	Parking Maneuvers (#/h)	0	0	0	0	0	0	0	0		
Stop Threshold Speed (mph)	Bus Stopping Rate (#/h)	0	0	0	0	0	0	0	0		
Critical Merge Gap (s)	Stop Line Detector Length (m)	6	6	6	6	6	6	6	6		
	Adjusted Flow Rate (veh/h)	0	217	0	0	317	0	0	172		
	HCM 2010 Capacity (veh/h)	38	1961	0	38	1961	0	38	1451		
	HCM Volume/Capacity	0.000	0.111	0.000	0.000	0.162	0.000	0.000	0.118		

Figura 39

Capacidad vehicular para ciclo real intersección N°4 – Jr. Los Sauces

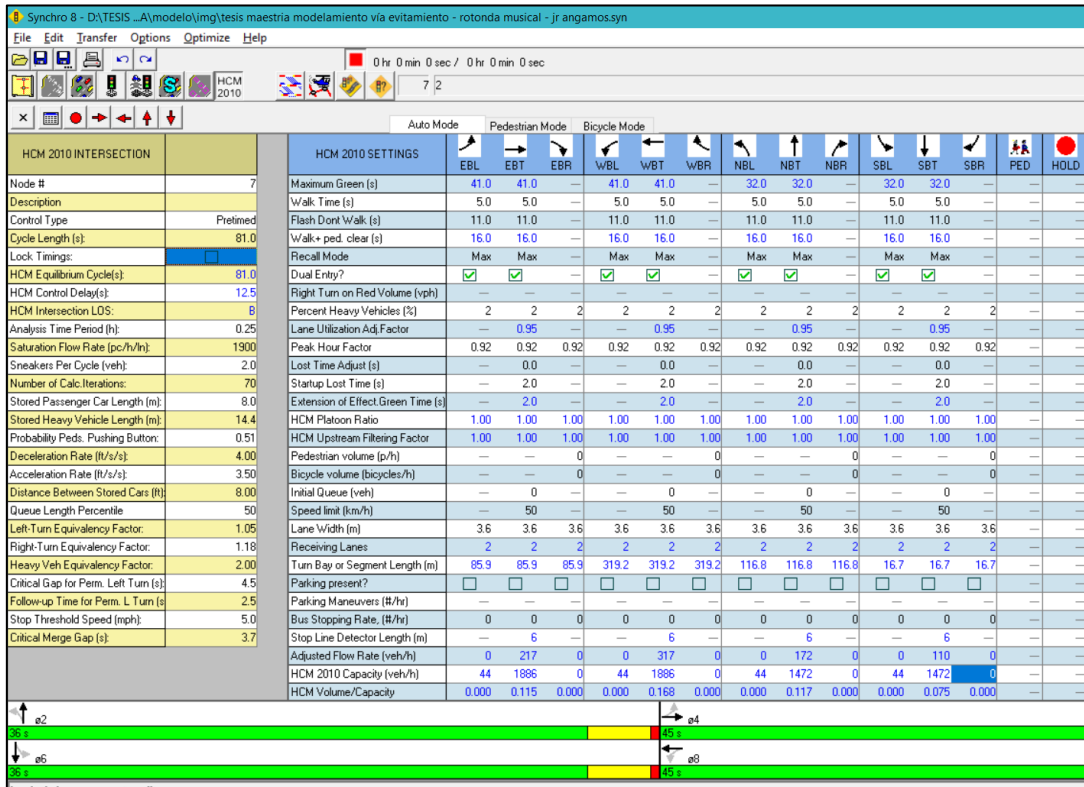


Figura 40

Capacidad vehicular para ciclo real intersección N°5 – Prol. Revilla Pérez

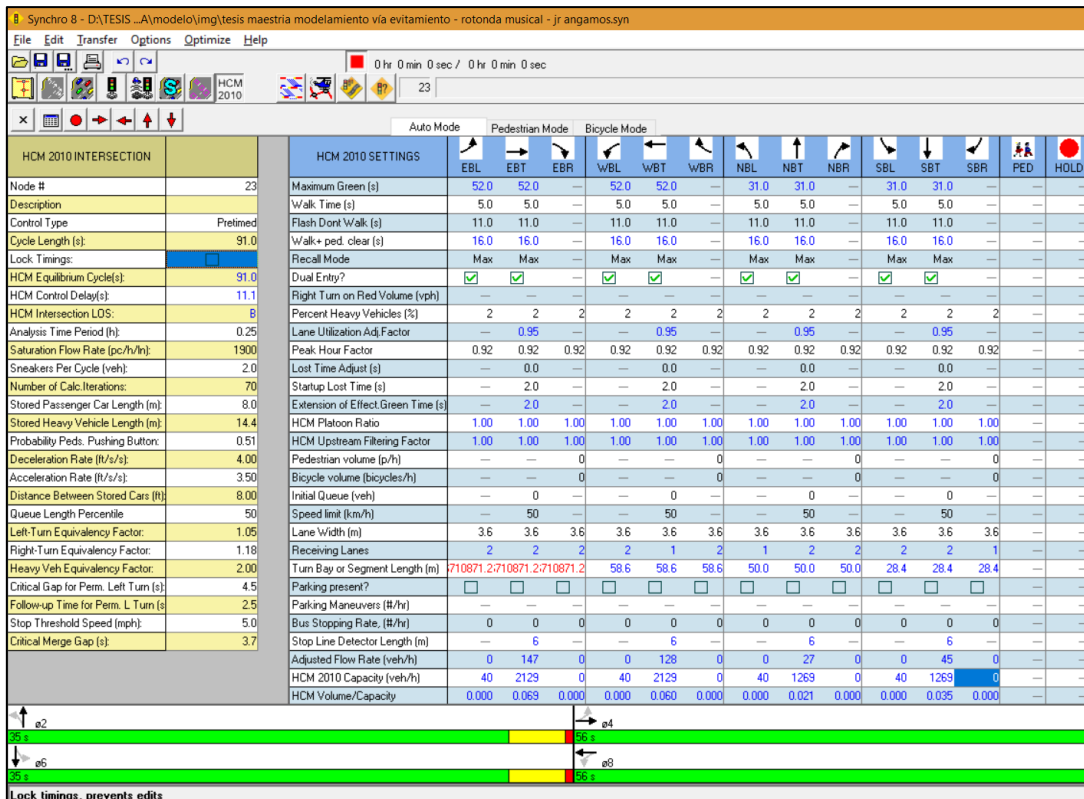


Figura 41

Capacidad vehicular para ciclo real intersección N°6 – Jr. Sta. Teresa Journet

HCM 2010 INTERSECTION		HCM 2010 SETTINGS													
		Auto Mode			Pedestrian Mode			Bicycle Mode							
		EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	PED	HOLD
Node #	23														
Description															
Control Type	Pretimed														
Cycle Length (s)	91.0														
Lock Timings:	<input type="checkbox"/>														
HCM Equilibrium Cycle(s)	91.0														
HCM Control Delay(s)	11.1														
HCM Intersection LOS:	B														
Analysis Time Period (h)	0.25														
Saturation Flow Rate (pc/h/s)	1900														
Sneakers Per Cycle (veh)	2.0														
Number of Calc. Iterations:	70														
Stored Passenger Car Length (m)	8.0														
Stored Heavy Vehicle Length (m)	14.4														
Probability Peds. Pushing Button:	0.51														
Deceleration Rate (ft/s/s)	4.00														
Acceleration Rate (ft/s/s)	3.50														
Distance Between Stored Cars (ft)	8.00														
Queue Length Percentile	50														
Left-Turn Equivalency Factor:	1.05														
Right-Turn Equivalency Factor:	1.18														
Heavy Veh Equivalency Factor:	2.00														
Critical Gap for Perm. Left Turn (s)	4.5														
Follow-up Time for Perm. L Turn (s)	2.5														
Stop Threshold Speed (mph)	5.0														
Critical Merge Gap (s)	3.7														
Maximum Green (s)		52.0	52.0		52.0	52.0		31.0	31.0		31.0	31.0			
Walk Time (s)		5.0	5.0		5.0	5.0		5.0	5.0		5.0	5.0			
Flash Dont Walk (s)		11.0	11.0		11.0	11.0		11.0	11.0		11.0	11.0			
Walk+ ped. clear (s)		16.0	16.0		16.0	16.0		16.0	16.0		16.0	16.0			
Recall Mode		Max	Max		Max	Max		Max	Max		Max	Max			
Dual Entry?		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
Right Turn on Red Volume (vph)															
Percent Heavy Vehicles (%)		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Lane Utilization Adj. Factor			0.95			0.95			0.95			0.95			
Peak Hour Factor		0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
Lost Time Adjust (s)			0.0			0.0			0.0			0.0			
Startup Lost Time (s)			2.0			2.0			2.0			2.0			
Extension of Effect Green Time (s)			2.0			2.0			2.0			2.0			
HCM Platoon Ratio		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
HCM Upstream Filtering Factor		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Pedestrian volume (p/h)			0			0			0			0			
Bicycle volume (bicycles/h)			0			0			0			0			
Initial Queue (veh)			0			0			0			0			
Speed limit (km/h)			50			50			50			50			
Lane Width (m)		3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
Receiving Lanes		2	2	2	2	1	2	1	2	2	2	2	2	1	
Turn Bay or Segment Length (m)		71.0871	2.710871	2.710871	2	58.6	58.6	58.6	50.0	50.0	50.0	28.4	28.4	28.4	
Parking present?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Parking Maneuvers (#/hr)															
Bus Stopping Rate, (#/hr)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stop Line Detector Length (m)			6			6			6			6			
Adjusted Flow Rate (veh/h)		0	147	0	0	128	0	0	27	0	0	45	0		
HCM 2010 Capacity (veh/h)		40	2129	0	40	2129	0	40	1269	0	40	1269	0		
HCM Volume/Capacity		0.000	0.069	0.000	0.000	0.060	0.000	0.000	0.021	0.000	0.000	0.035	0.000		

Figura 42

Capacidad vehicular para ciclo real intersección N°7 – Av. Hoyos Rubio

HCM 2010 INTERSECTION		HCM 2010 SETTINGS													
		Auto Mode			Pedestrian Mode			Bicycle Mode							
		EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	PED	HOLD
Node #	33														
Description															
Control Type	Pretimed														
Cycle Length (s)	195.0														
Lock Timings:	<input type="checkbox"/>														
HCM Equilibrium Cycle(s)	195.0														
HCM Control Delay(s)	28.7														
HCM Intersection LOS:	C														
Analysis Time Period (h)	0.25														
Saturation Flow Rate (pc/h/s)	1900														
Sneakers Per Cycle (veh)	2.0														
Number of Calc. Iterations:	70														
Stored Passenger Car Length (m)	8.0														
Stored Heavy Vehicle Length (m)	14.4														
Probability Peds. Pushing Button:	0.51														
Deceleration Rate (ft/s/s)	4.00														
Acceleration Rate (ft/s/s)	3.50														
Distance Between Stored Cars (ft)	8.00														
Queue Length Percentile	50														
Left-Turn Equivalency Factor:	1.05														
Right-Turn Equivalency Factor:	1.18														
Heavy Veh Equivalency Factor:	2.00														
Critical Gap for Perm. Left Turn (s)	4.5														
Follow-up Time for Perm. L Turn (s)	2.5														
Stop Threshold Speed (mph)	5.0														
Critical Merge Gap (s)	3.7														
Maximum Green (s)		92.0	92.0		92.0	92.0		95.0	95.0		95.0	95.0			
Walk Time (s)		5.0	5.0		5.0	5.0		5.0	5.0		5.0	5.0			
Flash Dont Walk (s)		11.0	11.0		11.0	11.0		11.0	11.0		11.0	11.0			
Walk+ ped. clear (s)		16.0	16.0		16.0	16.0		16.0	16.0		16.0	16.0			
Recall Mode		Max	Max		Max	Max		Max	Max		Max	Max			
Dual Entry?		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
Right Turn on Red Volume (vph)															
Percent Heavy Vehicles (%)		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Lane Utilization Adj. Factor			0.95			0.95			0.95			0.95			
Peak Hour Factor		0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
Lost Time Adjust (s)			0.0			0.0			0.0			0.0			
Startup Lost Time (s)			2.0			2.0			2.0			2.0			
Extension of Effect Green Time (s)			2.0			2.0			2.0			2.0			
HCM Platoon Ratio		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
HCM Upstream Filtering Factor		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Pedestrian volume (p/h)			0			0			0			0			
Bicycle volume (bicycles/h)			0			0			0			0			
Initial Queue (veh)			0			0			0			0			
Speed limit (km/h)			50			50			50			50			
Lane Width (m)		3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
Receiving Lanes		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Turn Bay or Segment Length (m)		52.6	52.6	52.6	89.7	89.7	89.7	190.0	190.0	190.0	243.8	243.8	243.8		
Parking present?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Parking Maneuvers (#/hr)															
Bus Stopping Rate, (#/hr)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stop Line Detector Length (m)			6			6			6			6			
Adjusted Flow Rate (veh/h)		0	303	0	0	139	0	0	304	0	0	308	0		
HCM 2010 Capacity (veh/h)		18	1758	0	18	1758	0	18	1815	0	18	1815	0		
HCM Volume/Capacity		0.000	0.173	0.000	0.000	0.079	0.000	0.000	0.168	0.000	0.000	0.169	0.000		

Figura 43

Capacidad vehicular para ciclo real intersección N°8 – Jr. Zoilo León

HCM 2010 INTERSECTION	HCM 2010 SETTINGS	Auto Mode			Pedestrian Mode			Bicycle Mode			PED	HOLD	
		EBL	EBT	EBR	wBL	wBT	wBR	NBL	NBT	NBR			SBL
Node #	33	92.0	92.0	---	92.0	92.0	---	95.0	95.0	---	95.0	95.0	---
Description		5.0	5.0	---	5.0	5.0	---	5.0	5.0	---	5.0	5.0	---
Control Type	Pretimed	11.0	11.0	---	11.0	11.0	---	11.0	11.0	---	11.0	11.0	---
Cycle Length (s)	195.0	16.0	16.0	---	16.0	16.0	---	16.0	16.0	---	16.0	16.0	---
Lock Timings:	<input type="checkbox"/>	Max	Max	---	Max	Max	---	Max	Max	---	Max	Max	---
HCM Equilibrium Cycle(s)	195.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	---	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	---	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	---	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	---
HCM Control Delay(s)	28.7	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
HCM Intersection LOS:	C	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Analysis Time Period (h)	0.25	---	0.95	---	---	0.95	---	---	0.95	---	---	0.95	---
Saturation Flow Rate (pc/h/ln)	1900	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
Sneakers Per Cycle (veh)	2.0	---	0.0	---	---	0.0	---	---	0.0	---	---	0.0	---
Number of Calc Iterations:	70	---	2.0	---	---	2.0	---	---	2.0	---	---	2.0	---
Stored Passenger Car Length (m)	8.0	---	2.0	---	---	2.0	---	---	2.0	---	---	2.0	---
Stored Heavy Vehicle Length (m)	14.4	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Probability Peds. Pushing Button:	0.51	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Deceleration Rate (ft/s/s)	4.00	---	---	0	---	---	0	---	---	0	---	---	0
Acceleration Rate (ft/s/s)	3.50	---	---	0	---	---	0	---	---	0	---	---	0
Distance Between Stored Cars (ft)	8.00	---	---	0	---	---	0	---	---	0	---	---	0
Queue Length Percentile	50	---	50	---	---	50	---	---	50	---	---	50	---
Left-Turn Equivalency Factor:	1.05	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
Right-Turn Equivalency Factor:	1.18	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Heavy Veh Equivalency Factor:	2.00	52.6	52.6	52.6	89.7	89.7	89.7	190.0	190.0	190.0	243.8	243.8	243.8
Critical Gap for Perm. Left Turn (s)	4.5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Follow-up Time for Perm. L Turn (s)	2.5	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Stop Threshold Speed (mph)	5.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Critical Merge Gap (s)	3.7	---	6	---	---	6	---	---	6	---	---	6	---
Adjusted Flow Rate (veh/h)		0	303	0	0	139	0	0	304	0	0	308	0
HCM 2010 Capacity (veh/h)		18	1758	0	18	1758	0	18	1815	0	18	1815	0
HCM Volume/Capacity		0.000	0.173	0.000	0.000	0.079	0.000	0.000	0.168	0.000	0.000	0.169	0.000

Figura 44

Capacidad vehicular para ciclo real intersección N°9 – Jr. Ayacucho

HCM 2010 INTERSECTION	HCM 2010 SETTINGS	Auto Mode			Pedestrian Mode			Bicycle Mode			PED	HOLD	
		EBL	EBT	EBR	wBL	wBT	wBR	NBL	NBT	NBR			SBL
Node #	33	92.0	92.0	---	92.0	92.0	---	95.0	95.0	---	95.0	95.0	---
Description		5.0	5.0	---	5.0	5.0	---	5.0	5.0	---	5.0	5.0	---
Control Type	Pretimed	11.0	11.0	---	11.0	11.0	---	11.0	11.0	---	11.0	11.0	---
Cycle Length (s)	195.0	16.0	16.0	---	16.0	16.0	---	16.0	16.0	---	16.0	16.0	---
Lock Timings:	<input type="checkbox"/>	Max	Max	---	Max	Max	---	Max	Max	---	Max	Max	---
HCM Equilibrium Cycle(s)	195.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	---	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	---	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	---	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	---
HCM Control Delay(s)	28.7	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
HCM Intersection LOS:	C	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Analysis Time Period (h)	0.25	---	0.95	---	---	0.95	---	---	0.95	---	---	0.95	---
Saturation Flow Rate (pc/h/ln)	1900	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
Sneakers Per Cycle (veh)	2.0	---	0.0	---	---	0.0	---	---	0.0	---	---	0.0	---
Number of Calc Iterations:	70	---	2.0	---	---	2.0	---	---	2.0	---	---	2.0	---
Stored Passenger Car Length (m)	8.0	---	2.0	---	---	2.0	---	---	2.0	---	---	2.0	---
Stored Heavy Vehicle Length (m)	14.4	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Probability Peds. Pushing Button:	0.51	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Deceleration Rate (ft/s/s)	4.00	---	---	0	---	---	0	---	---	0	---	---	0
Acceleration Rate (ft/s/s)	3.50	---	---	0	---	---	0	---	---	0	---	---	0
Distance Between Stored Cars (ft)	8.00	---	---	0	---	---	0	---	---	0	---	---	0
Queue Length Percentile	50	---	50	---	---	50	---	---	50	---	---	50	---
Left-Turn Equivalency Factor:	1.05	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
Right-Turn Equivalency Factor:	1.18	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Heavy Veh Equivalency Factor:	2.00	52.6	52.6	52.6	89.7	89.7	89.7	190.0	190.0	190.0	243.8	243.8	243.8
Critical Gap for Perm. Left Turn (s)	4.5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Follow-up Time for Perm. L Turn (s)	2.5	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Stop Threshold Speed (mph)	5.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Critical Merge Gap (s)	3.7	---	6	---	---	6	---	---	6	---	---	6	---
Adjusted Flow Rate (veh/h)		0	303	0	0	139	0	0	304	0	0	308	0
HCM 2010 Capacity (veh/h)		18	1758	0	18	1758	0	18	1815	0	18	1815	0
HCM Volume/Capacity		0.000	0.173	0.000	0.000	0.079	0.000	0.000	0.168	0.000	0.000	0.169	0.000

Figura 45

Capacidad vehicular para ciclo real intersección N°10 – Jr. El Mutuy

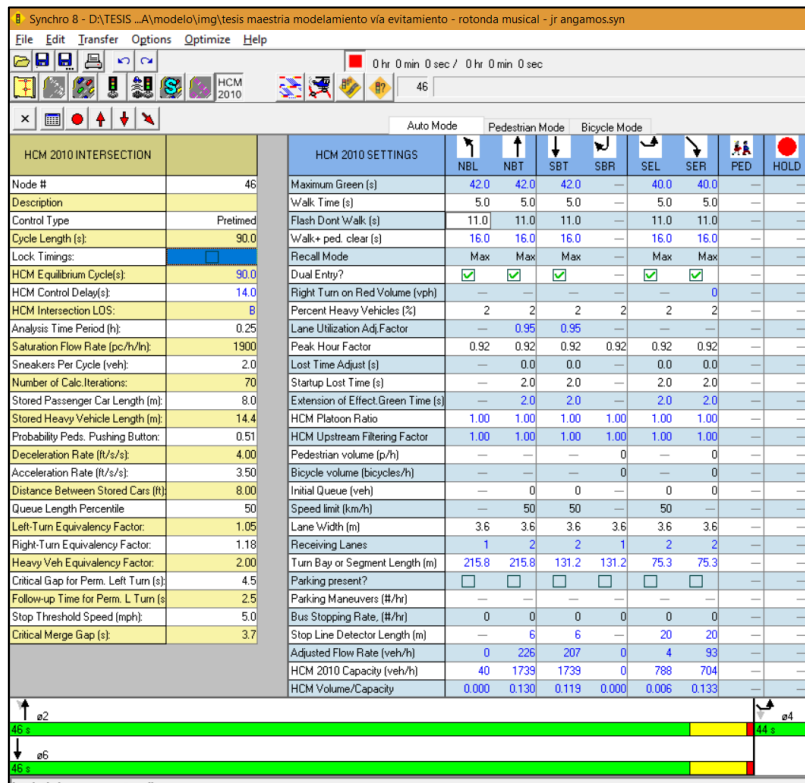


Figura 46

Capacidad vehicular para ciclo real intersección N°11 – Av. Carlos Malpica

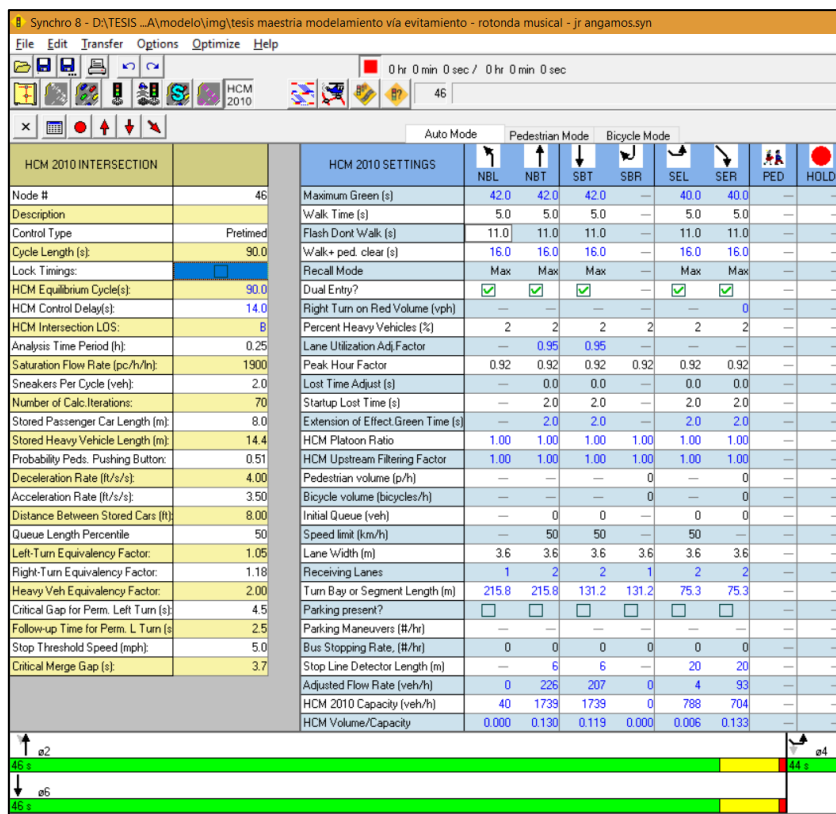


Figura 47

Capacidad vehicular para ciclo real intersección N°12 – Jr. El Inca

HCM 2010 INTERSECTION		HCM 2010 SETTINGS							
		NBL	NBT	SBT	SBR	SEL	SER	FED	HOLD
Node #	46	42.0	42.0	42.0	—	40.0	40.0	—	—
Description		5.0	5.0	5.0	—	5.0	5.0	—	—
Control Type	Pretimed	11.0	11.0	11.0	—	11.0	11.0	—	—
Cycle Length (s)	90.0	16.0	16.0	16.0	—	16.0	16.0	—	—
Lock Timing:		Max	Max	Max	—	Max	Max	—	—
HCM Equilibrium Cycle(s)	90.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	—	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	—	—
HCM Control Delay(s)	14.0	—	—	—	—	—	—	—	—
HCM Intersection LOS:	B	2	2	2	2	2	2	—	—
Analysis Time Period (h)	0.25	—	0.95	0.95	—	—	—	—	—
Saturation Flow Rate (pc/h/h)	1900	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	—	—
Sneakers Per Cycle (veh)	2.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	—
Number of Calc.Iterations:	70	—	2.0	2.0	—	2.0	2.0	—	—
Stored Passenger Car Length (m)	8.0	—	2.0	2.0	—	2.0	2.0	—	—
Stored Heavy Vehicle Length (m)	14.4	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	—	—
Probability Peds. Pushing Button:	0.51	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	—	—
Deceleration Rate (ft/s/s):	4.00	—	—	—	—	—	—	—	—
Acceleration Rate (ft/s/s):	3.50	—	—	—	—	—	—	—	—
Distance Between Stored Cars (ft):	8.00	—	0	0	—	0	0	—	—
Queue Length Percentile	50	—	50	50	—	50	—	—	—
Left-Turn Equivalency Factor:	1.05	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	—	—
Right-Turn Equivalency Factor:	1.18	1	2	2	1	2	2	—	—
Heavy Veh Equivalency Factor:	2.00	215.8	215.8	131.2	131.2	75.3	75.3	—	—
Critical Gap for Perm. Left Turn (s):	4.5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	—	—
Follow-up Time for Perm. L. Turn (s):	2.5	—	—	—	—	—	—	—	—
Stop Threshold Speed (mph):	5.0	0	0	0	0	0	0	—	—
Critical Merge Gap (s):	3.7	—	6	6	—	20	20	—	—
		Adjusted Flow Rate (veh/h)	0	226	207	0	4	93	—
		HCM 2010 Capacity (veh/h)	40	1739	1739	0	788	704	—
		HCM Volume/Capacity	0.000	0.130	0.119	0.000	0.006	0.133	—

Figura 48

Capacidad vehicular para ciclo real intersección N°13 – Jr. Atahualpa

HCM 2010 INTERSECTION		HCM 2010 SETTINGS							
		EBL	EBR	NBL	NBT	SBT	SBR	FED	HOLD
Node #	59	36.0	—	—	50.0	—	—	—	—
Description		5.0	—	—	5.0	—	—	—	—
Control Type	Pretimed	11.0	—	—	11.0	—	—	—	—
Cycle Length (s)	94.0	16.0	—	—	16.0	—	—	—	—
Lock Timing:		Max	—	—	Max	—	—	—	—
HCM Equilibrium Cycle(s)	54.0	<input checked="" type="checkbox"/>	—	—	<input checked="" type="checkbox"/>	—	—	—	—
HCM Control Delay(s)	0.2	—	—	—	—	—	—	—	—
HCM Intersection LOS:	A	2	2	2	2	2	2	—	—
Analysis Time Period (h)	0.25	0.97	0.88	—	0.95	—	—	—	—
Saturation Flow Rate (pc/h/h)	1900	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	—	—
Sneakers Per Cycle (veh)	2.0	0.0	0.0	—	0.0	—	—	—	—
Number of Calc.Iterations:	70	2.0	2.0	—	2.0	—	—	—	—
Stored Passenger Car Length (m)	8.0	2.0	2.0	—	2.0	—	—	—	—
Stored Heavy Vehicle Length (m)	14.4	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	—	—
Probability Peds. Pushing Button:	0.51	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	—	—
Deceleration Rate (ft/s/s):	4.00	—	—	—	—	—	—	—	—
Acceleration Rate (ft/s/s):	3.50	—	—	—	—	—	—	—	—
Distance Between Stored Cars (ft):	8.00	0	0	—	0	—	—	—	—
Queue Length Percentile	50	50	—	—	50	50	—	—	—
Left-Turn Equivalency Factor:	1.05	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	—	—
Right-Turn Equivalency Factor:	1.18	4	2	0	4	2	0	—	—
Heavy Veh Equivalency Factor:	2.00	9.0	9.0	61.5	61.5	8.4	8.4	—	—
Critical Gap for Perm. Left Turn (s):	4.5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	—	—
Follow-up Time for Perm. L. Turn (s):	2.5	—	—	—	—	—	—	—	—
Stop Threshold Speed (mph):	5.0	0	0	0	0	0	0	—	—
Critical Merge Gap (s):	3.7	20	20	—	6	—	—	—	—
		Adjusted Flow Rate (veh/h)	250	554	0	263	0	0	—
		HCM 2010 Capacity (veh/h)	0	0	0	3277	0	0	—
		HCM Volume/Capacity	0.000	0.000	0.000	0.080	0.000	0.000	—
		HCM Movement Delay (s/veh)	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	—
		HCM Movement LOS	—	—	—	A	—	—	—

Los resultados de capacidad vehicular son los siguientes:

Tabla 43

Capacidad Vehicular de la vía – Ciclo semafórico existente

CAPACIDAD VEHICULAR PARA EL CICLO SEMAFÓRICO EXISTENTE		
INTERSECCIONES	Co	CAPACIDAD VEHICULAR
Intersección N° 1 - Vía de Evitamiento con Jr. Angamos	96	3093
Intersección N° 2 - Vía de Evitamiento con Jr. Chanchamayo	94	2090
Intersección N° 3 - Vía de Evitamiento con Jr. Miguel Iglesias	95	3488
Intersección N° 4 - Vía de Evitamiento con Jr. Los Sauces	81	2068
Intersección N° 5 - Vía de Evitamiento con Prol. Revilla Pérez	91	1391
Intersección N° 6 - Vía de Evitamiento con Jr. Sta Teresa Journet	81	1380
Intersección N° 7 - Vía de Evitamiento con Av. Hoyos Rubio	195	3609
Intersección N° 8 - Vía de Evitamiento con Jr. Zoilo León	96	2620
Intersección N° 9 - Vía de Evitamiento con Jr. Ayacucho	93	1393
Intersección N° 10 - Vía de Evitamiento con Jr. El Mutuy	100	1400
Intersección N° 11 - Vía de Evitamiento con Av. Carlos Malpica	90	1603
Intersección N° 12 - Vía de Evitamiento con Jr. El Inca	84	1638
Intersección N° 13 - Vía de Evitamiento con Jr. Atahualpa	94	2439

5.1.5.2. Capacidad vehicular para ciclo dinámico.

Para el ciclo dinámico se evalúa la capacidad vehicular para cada hora modificando la variable de la duración total del ciclo semafórico.

Figura 49

Capacidad vehicular para intersección N°1 – Jr. Angamos,
(Periodo:7:00am-8:00am)

HCM 2010 INTERSECTION		HCM 2010 SETTINGS							
		WBL	WBR	NBT	NBR	SBL	SBT	PED	HOLD
Node #	1	16.0	16.0	64.0	---	64.0	64.0	---	---
Description		5.0	5.0	5.0	---	5.0	5.0	---	---
Control Type	Pretimed	11.0	11.0	11.0	---	11.0	11.0	---	---
Cycle Length (s)	88.0	16.0	16.0	16.0	---	16.0	16.0	---	---
Lock Timings:	<input type="checkbox"/>	Max	Max	Max	---	Max	Max	---	---
HCM Equilibrium Cycle(s)	88.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	---	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	---	---
HCM Control Delay(s)	11.8	---	0	---	---	---	---	---	---
HCM Intersection LOS:	B	2	2	2	2	2	2	---	---
Analysis Time Period (h)	0.75	---	---	0.95	---	---	0.95	---	---
Saturation Flow Rate (pc/h/ln)	1900	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	---	---
Sneakers Per Cycle (veh)	2.0	0.0	0.0	0.0	---	---	0.0	---	---
Number of Calc Iterations:	70	2.0	2.0	2.0	---	---	2.0	---	---
Stored Passenger Car Length (m)	9.0	2.0	2.0	2.0	---	---	2.0	---	---
Stored Heavy Vehicle Length (m)	14.4	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	---	---
Probability Peds. Pushing Button:	0.51	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	---	---
Deceleration Rate (ft/s/s)	4.00	---	0	---	---	---	---	---	---
Acceleration Rate (ft/s/s)	3.50	---	0	---	0	---	---	---	---
Distance Between Stored Cars (ft)	8.00	0	0	0	---	---	0	---	---
Queue Length Percentile	50	50	---	50	---	---	50	---	---
Left-Turn Equivalency Factor:	1.05	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	---	---
Right-Turn Equivalency Factor:	1.18	2	2	2	2	2	2	---	---
Heavy Veh Equivalency Factor:	2.00	154.0	154.0	94.8	94.8	77.2	77.2	---	---
Critical Gap for Perm. Left Turn (s)	4.5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	---	---
Follow-up Time for Perm. L Turn (s)	2.5	---	---	---	---	---	---	---	---
Stop Threshold Speed (mph)	5.0	0	0	0	0	0	0	---	---
Critical Merge Gap (s)	3.7	300	300	300	---	---	300	---	---
		Adjusted Flow Rate (veh/h)	59	71	164	0	0	155	---
		HCM 2010 Capacity (veh/h)	323	288	2709	0	41	2709	---
		HCM Volume/Capacity	0.182	0.245	0.061	0.000	0.000	0.057	---

Figura 50

Capacidad vehicular para intersección N°1 – Jr. Angamos,
(Periodo:8:00am-9:00am)

HCM 2010 INTERSECTION		HCM 2010 SETTINGS							
		WBL	WBR	NBT	NBR	SBL	SBT	PED	HOLD
Node #	1	16.0	16.0	95.0	---	95.0	95.0	---	---
Description		5.0	5.0	5.0	---	5.0	5.0	---	---
Control Type	Pretimed	11.0	11.0	11.0	---	11.0	11.0	---	---
Cycle Length (s)	119.0	16.0	16.0	16.0	---	16.0	16.0	---	---
Lock Timings:	<input type="checkbox"/>	Max	Max	Max	---	Max	Max	---	---
HCM Equilibrium Cycle(s)	119.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	---	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	---	---
HCM Control Delay(s)	16.2	---	0	---	---	---	---	---	---
HCM Intersection LOS:	B	2	2	2	2	2	2	---	---
Analysis Time Period (h)	0.25	---	---	0.95	---	---	0.95	---	---
Saturation Flow Rate (pc/h/ln)	1900	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	---	---
Sneakers Per Cycle (veh)	2.0	0.0	0.0	0.0	---	---	0.0	---	---
Number of Calc Iterations:	70	2.0	2.0	2.0	---	---	2.0	---	---
Stored Passenger Car Length (m)	9.0	2.0	2.0	2.0	---	---	2.0	---	---
Stored Heavy Vehicle Length (m)	14.4	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	---	---
Probability Peds. Pushing Button:	0.51	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	---	---
Deceleration Rate (ft/s/s)	4.00	---	0	---	---	---	---	---	---
Acceleration Rate (ft/s/s)	3.50	---	0	---	0	---	---	---	---
Distance Between Stored Cars (ft)	8.00	0	0	0	---	---	0	---	---
Queue Length Percentile	50	50	---	50	---	---	50	---	---
Left-Turn Equivalency Factor:	1.05	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	---	---
Right-Turn Equivalency Factor:	1.18	2	2	2	2	2	2	---	---
Heavy Veh Equivalency Factor:	2.00	154.0	154.0	94.8	94.8	77.2	77.2	---	---
Critical Gap for Perm. Left Turn (s)	4.5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	---	---
Follow-up Time for Perm. L Turn (s)	2.5	---	---	---	---	---	---	---	---
Stop Threshold Speed (mph)	5.0	0	0	0	0	0	0	---	---
Critical Merge Gap (s)	3.7	300	300	300	---	---	300	---	---
		Adjusted Flow Rate (veh/h)	59	71	164	0	0	155	---
		HCM 2010 Capacity (veh/h)	239	213	2974	0	30	2974	---
		HCM Volume/Capacity	0.246	0.332	0.055	0.000	0.000	0.052	---

Maximum Green (s) equals ("Maximum Split" - "Yellow Time" - "All-Red Time")

Figura 51

Capacidad vehicular para intersección N°1 – Jr. Angamos,
(Periodo:9:00am-10:00am)

HCM 2010 INTERSECTION		HCM 2010 SETTINGS		WBL	WBR	NBT	NBR	SBL	SBT	PED	HOLD
Node #	1	Maximum Green (s)	16.0	16.0	81.0	---	---	81.0	81.0	---	---
Description		Walk Time (s)	5.0	5.0	5.0	---	---	5.0	5.0	---	---
Control Type	Pre-timed	Flash Don't Walk (s)	11.0	11.0	11.0	---	---	11.0	11.0	---	---
Cycle Length (s)	105.0	Walk+ped. clear (s)	16.0	16.0	16.0	---	---	16.0	16.0	---	---
Lock Timings:		Recall Mode	Max	Max	Max	---	---	Max	Max	---	---
HCM Equilibrium Cycle(s)	105.0	Dual Entry?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	---	---	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	---	---
HCM Control Delay(s)	14.1	Right Turn on Red Volume (vph)	---	0	---	---	---	---	---	---	---
HCM Intersection LOS	8	Percent Heavy Vehicles (%)	2	2	2	2	2	2	2	---	---
Analysis Time Period (h)	0.25	Lane Utilization Adj. Factor	---	---	0.95	---	---	---	0.95	---	---
Saturation Flow Rate (pc/h/ln)	1900	Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	---	---
Sneakers Per Cycle (veh)	2.0	Lost Time Adjust (s)	0.0	0.0	0.0	---	---	---	0.0	---	---
Number of Calc. Iterations	70	Startup Lost Time (s)	2.0	2.0	2.0	---	---	---	2.0	---	---
Stored Passenger Car Length (m)	8.0	Extension of Effect Green Time (s)	2.0	2.0	2.0	---	---	---	2.0	---	---
Stored Heavy Vehicle Length (m)	14.4	HCM Platoon Ratio	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	---	---
Probability Peds. Pushing Button	0.51	HCM Upstream Filtering Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	---	---
Deceleration Rate (ft/s/s)	4.00	Pedestrian volume (p/h)	---	0	---	---	---	---	---	---	---
Acceleration Rate (ft/s/s)	3.50	Bicycle volume (bicycles/h)	---	0	---	---	---	---	---	---	---
Distance Between Stored Cars (ft)	8.00	Initial Queue (veh)	0	0	0	---	---	---	0	---	---
Queue Length Percentile	50	Speed limit (km/h)	50	---	50	---	---	---	50	---	---
Left-Turn Equivalency Factor	1.05	Lane Width (m)	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	---	---
Right-Turn Equivalency Factor	1.18	Receiving Lanes	2	2	2	2	2	2	2	---	---
Heavy Veh Equivalency Factor	2.00	Turn Bay or Segment Length (m)	154.0	154.0	94.8	94.8	77.2	77.2	---	---	---
Critical Gap for Perm. Left Turn (s)	4.5	Parking present?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	---	---
Follow-up Time for Perm. L Turn (s)	2.5	Parking Maneuvers (R/hr)	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Stop Threshold Speed (mph)	5.0	Bus Stopping Rate (R/hr)	0	0	0	0	0	0	0	---	---
Critical Merge Gap (s)	3.7	Stop Line Detector Length (m)	300	300	300	---	---	---	300	---	---
		Adjusted Flow Rate (veh/h)	59	71	164	0	0	155	---	---	---
		HCM 2010 Capacity (veh/h)	270	241	2874	0	34	2874	---	---	---
		HCM Volume/Capacity	0.217	0.293	0.057	0.000	0.000	0.054	---	---	---

Figura 52

Capacidad vehicular para intersección N°1 – Jr. Angamos,
(Periodo:10:00am-11:00am)

HCM 2010 INTERSECTION		HCM 2010 SETTINGS		WBL	WBR	NBT	NBR	SBL	SBT	PED	HOLD
Node #	1	Maximum Green (s)	16.0	16.0	67.0	---	---	67.0	67.0	---	---
Description		Walk Time (s)	5.0	5.0	5.0	---	---	5.0	5.0	---	---
Control Type	Pre-timed	Flash Don't Walk (s)	11.0	11.0	11.0	---	---	11.0	11.0	---	---
Cycle Length (s)	91.0	Walk+ped. clear (s)	16.0	16.0	16.0	---	---	16.0	16.0	---	---
Lock Timings:		Recall Mode	Max	Max	Max	---	---	Max	Max	---	---
HCM Equilibrium Cycle(s)	91.0	Dual Entry?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	---	---	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	---	---
HCM Control Delay(s)	12.2	Right Turn on Red Volume (vph)	---	0	---	---	---	---	---	---	---
HCM Intersection LOS	8	Percent Heavy Vehicles (%)	2	2	2	2	2	2	2	---	---
Analysis Time Period (h)	0.25	Lane Utilization Adj. Factor	---	---	0.95	---	---	---	0.95	---	---
Saturation Flow Rate (pc/h/ln)	1900	Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	---	---
Sneakers Per Cycle (veh)	2.0	Lost Time Adjust (s)	0.0	0.0	0.0	---	---	---	0.0	---	---
Number of Calc. Iterations	70	Startup Lost Time (s)	2.0	2.0	2.0	---	---	---	2.0	---	---
Stored Passenger Car Length (m)	8.0	Extension of Effect Green Time (s)	2.0	2.0	2.0	---	---	---	2.0	---	---
Stored Heavy Vehicle Length (m)	14.4	HCM Platoon Ratio	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	---	---
Probability Peds. Pushing Button	0.51	HCM Upstream Filtering Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	---	---
Deceleration Rate (ft/s/s)	4.00	Pedestrian volume (p/h)	---	0	---	---	---	---	---	---	---
Acceleration Rate (ft/s/s)	3.50	Bicycle volume (bicycles/h)	---	0	---	---	---	---	---	---	---
Distance Between Stored Cars (ft)	8.00	Initial Queue (veh)	0	0	0	---	---	---	0	---	---
Queue Length Percentile	50	Speed limit (km/h)	50	---	50	---	---	---	50	---	---
Left-Turn Equivalency Factor	1.05	Lane Width (m)	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	---	---
Right-Turn Equivalency Factor	1.18	Receiving Lanes	2	2	2	2	2	2	2	---	---
Heavy Veh Equivalency Factor	2.00	Turn Bay or Segment Length (m)	154.0	154.0	94.8	94.8	77.2	77.2	---	---	---
Critical Gap for Perm. Left Turn (s)	4.5	Parking present?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	---	---
Follow-up Time for Perm. L Turn (s)	2.5	Parking Maneuvers (R/hr)	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Stop Threshold Speed (mph)	5.0	Bus Stopping Rate (R/hr)	0	0	0	0	0	0	0	---	---
Critical Merge Gap (s)	3.7	Stop Line Detector Length (m)	300	300	300	---	---	---	300	---	---
		Adjusted Flow Rate (veh/h)	59	71	164	0	0	155	---	---	---
		HCM 2010 Capacity (veh/h)	312	278	2743	0	40	2743	---	---	---
		HCM Volume/Capacity	0.188	0.254	0.060	0.000	0.000	0.057	---	---	---

Figura 53

Capacidad vehicular para intersección N°1 – Jr. Angamos,
(Periodo: 11:00am-12:00am)

HCM 2010 INTERSECTION	HCM 2010 SETTINGS	WBL	WBR	NBT	NBR	SBL	SBT	PED	HOLD
Node #	Maximum Green (s)	16.0	16.0	62.0	62.0	62.0	62.0		
Description	Walk Time (s)	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0		
Control Type	Flash Dont Walk (s)	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0		
Cycle Length (s)	Walk+ ped. clear (s)	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0		
Lock Timings:	Recall Mode	Max	Max	Max	Max	Max	Max		
HCM Equilibrium Cycle(s)	Dual Entry?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
HCM Control Delay(s)	Right Turn on Red Volume (vph)	0	0	0	0	0	0		
HCM Intersection LOS:	Percent Heavy Vehicles (%)	2	2	2	2	2	2		
Analysis Time Period (h)	Lane Utilization Adj. Factor	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95		
Saturation Flow Rate (pc/h/ln)	Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92		
Sneakers Per Cycle (veh)	Lost Time Adjust (s)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
Number of Calc. Iterations:	Startup Lost Time (s)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0		
Stored Passenger Car Length (m)	Extension of Effect Green Time (s)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0		
Stored Heavy Vehicle Length (m)	HCM Platoon Ratio	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
Probability Peds. Pushing Button:	HCM Upstream Filtering Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
Deceleration Rate (ft/s/s)	Pedestrian volume (p/h)	0	0	0	0	0	0		
Acceleration Rate (ft/s/s)	Bicycle volume (bicycles/h)	0	0	0	0	0	0		
Distance Between Stored Cars (ft)	Initial Queue (veh)	0	0	0	0	0	0		
Queue Length Percentile	Speed limit (km/h)	50	50	50	50	50	50		
Left-Turn Equivalency Factor:	Lane Width (m)	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6		
Right-Turn Equivalency Factor:	Receiving Lanes	2	2	2	2	2	2		
Heavy Veh Equivalency Factor:	Turn Bay or Segment Length (m)	154.0	154.0	94.8	94.8	77.2	77.2		
Critical Gap for Perm. Left Turn (s)	Parking present?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Follow-up Time for Perm. L Turn (s)	Parking Maneuvers (#/hr)	0	0	0	0	0	0		
Stop Threshold Speed (mph)	Bus Stopping Rate, (#/hr)	0	0	0	0	0	0		
Critical Merge Gap (s)	Stop Line Detector Length (m)	300	300	300	300	300	300		
	Adjusted Flow Rate (veh/h)	59	71	164	0	0	155		
	HCM 2010 Capacity (veh/h)	330	295	2686	0	42	2686		
	HCM Volume/Capacity	0.178	0.240	0.061	0.000	0.000	0.058		

Figura 54

Capacidad vehicular para intersección N°1 – Jr. Angamos,
(Periodo: 12:00am-1:00pm)

HCM 2010 INTERSECTION	HCM 2010 SETTINGS	WBL	WBR	NBT	NBR	SBL	SBT	PED	HOLD
Node #	Maximum Green (s)	16.0	16.0	104.0	104.0	104.0	104.0		
Description	Walk Time (s)	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0		
Control Type	Flash Dont Walk (s)	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0		
Cycle Length (s)	Walk+ ped. clear (s)	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0		
Lock Timings:	Recall Mode	Max	Max	Max	Max	Max	Max		
HCM Equilibrium Cycle(s)	Dual Entry?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
HCM Control Delay(s)	Right Turn on Red Volume (vph)	0	0	0	0	0	0		
HCM Intersection LOS:	Percent Heavy Vehicles (%)	2	2	2	2	2	2		
Analysis Time Period (h)	Lane Utilization Adj. Factor	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95		
Saturation Flow Rate (pc/h/ln)	Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92		
Sneakers Per Cycle (veh)	Lost Time Adjust (s)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
Number of Calc. Iterations:	Startup Lost Time (s)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0		
Stored Passenger Car Length (m)	Extension of Effect Green Time (s)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0		
Stored Heavy Vehicle Length (m)	HCM Platoon Ratio	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
Probability Peds. Pushing Button:	HCM Upstream Filtering Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
Deceleration Rate (ft/s/s)	Pedestrian volume (p/h)	0	0	0	0	0	0		
Acceleration Rate (ft/s/s)	Bicycle volume (bicycles/h)	0	0	0	0	0	0		
Distance Between Stored Cars (ft)	Initial Queue (veh)	0	0	0	0	0	0		
Queue Length Percentile	Speed limit (km/h)	50	50	50	50	50	50		
Left-Turn Equivalency Factor:	Lane Width (m)	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6		
Right-Turn Equivalency Factor:	Receiving Lanes	2	2	2	2	2	2		
Heavy Veh Equivalency Factor:	Turn Bay or Segment Length (m)	154.0	154.0	94.8	94.8	77.2	77.2		
Critical Gap for Perm. Left Turn (s)	Parking present?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Follow-up Time for Perm. L Turn (s)	Parking Maneuvers (#/hr)	0	0	0	0	0	0		
Stop Threshold Speed (mph)	Bus Stopping Rate, (#/hr)	0	0	0	0	0	0		
Critical Merge Gap (s)	Stop Line Detector Length (m)	300	300	300	300	300	300		
	Adjusted Flow Rate (veh/h)	59	71	164	0	0	155		
	HCM 2010 Capacity (veh/h)	222	198	3027	0	28	3027		
	HCM Volume/Capacity	0.285	0.357	0.054	0.000	0.000	0.051		

Figura 55

Capacidad vehicular para intersección N°1 – Jr. Angamos,
(Periodo: 1:00pm-2:00pm)

HCM 2010 INTERSECTION	Auto Mode		Pedestrian Mode		Bicycle Mode		PED	HOLD
	WBL	WBR	NBT	NBR	SBL	SBT		
Node #	16.0	16.0	81.0	---	81.0	81.0	---	---
Description	5.0	5.0	5.0	---	5.0	5.0	---	---
Control Type	11.0	11.0	11.0	---	11.0	11.0	---	---
Cycle Length (s)	16.0	16.0	16.0	---	16.0	16.0	---	---
Lock Timings:	Max	Max	Max	---	Max	Max	---	---
HCM Equilibrium Cycle(s)	105.0	105.0	105.0	---	105.0	105.0	---	---
HCM Control Delay(s)	14.1	14.1	14.1	---	14.1	14.1	---	---
HCM Intersection LOS:	B	B	B	---	B	B	---	---
Analysis Time Period (h)	0.25	0.25	0.25	---	0.25	0.25	---	---
Saturation Flow Rate (pc/h/ln)	1900	1900	1900	---	1900	1900	---	---
Sneakers Per Cycle (veh)	2.0	2.0	2.0	---	2.0	2.0	---	---
Number of Calc Iterations:	70	70	70	---	70	70	---	---
Stored Passenger Car Length (m)	8.0	8.0	8.0	---	8.0	8.0	---	---
Stored Heavy Vehicle Length (m)	14.4	14.4	14.4	---	14.4	14.4	---	---
Probability Peds. Pushing Button:	0.51	0.51	0.51	---	0.51	0.51	---	---
Deceleration Rate (ft/s/s)	4.00	4.00	4.00	---	4.00	4.00	---	---
Acceleration Rate (ft/s/s)	3.50	3.50	3.50	---	3.50	3.50	---	---
Distance Between Stored Cars (ft)	8.00	8.00	8.00	---	8.00	8.00	---	---
Queue Length Percentile	50	50	50	---	50	50	---	---
Left-Turn Equivalency Factor:	1.05	1.05	1.05	---	1.05	1.05	---	---
Right-Turn Equivalency Factor:	1.18	1.18	1.18	---	1.18	1.18	---	---
Heavy Veh Equivalency Factor:	2.00	2.00	2.00	---	2.00	2.00	---	---
Critical Gap for Perm. Left Turn (s)	4.5	4.5	4.5	---	4.5	4.5	---	---
Follow-up Time for Perm. L Turn (s)	2.5	2.5	2.5	---	2.5	2.5	---	---
Stop Threshold Speed (mph)	5.0	5.0	5.0	---	5.0	5.0	---	---
Critical Merge Gap (s)	3.7	3.7	3.7	---	3.7	3.7	---	---
Maximum Green (s)	16.0	16.0	81.0	---	81.0	81.0	---	---
Walk Time (s)	5.0	5.0	5.0	---	5.0	5.0	---	---
Flash Dont Walk (s)	11.0	11.0	11.0	---	11.0	11.0	---	---
Walk+ ped. clear (s)	16.0	16.0	16.0	---	16.0	16.0	---	---
Recall Mode	Max	Max	Max	---	Max	Max	---	---
Dual Entry?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	---	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	---	---
Right Turn on Red Volume (vph)	---	0	---	---	---	---	---	---
Percent Heavy Vehicles (%)	2	2	2	2	2	2	---	---
Lane Utilization Adj. Factor	---	---	0.95	---	---	0.95	---	---
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	---	---
Lost Time Adjust (s)	0.0	0.0	0.0	---	0.0	0.0	---	---
Startup Lost Time (s)	2.0	2.0	2.0	---	2.0	2.0	---	---
Extension of Effect Green Time (s)	2.0	2.0	2.0	---	2.0	2.0	---	---
HCM Platoon Ratio	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	---	---
HCM Upstream Filtering Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	---	---
Pedestrian volume (p/h)	---	0	---	---	---	---	---	---
Bicycle volume (bicycles/h)	---	0	---	---	---	---	---	---
Initial Queue (veh)	0	0	0	---	---	---	---	---
Speed limit (km/h)	50	---	50	---	---	50	---	---
Lane Width (m)	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	---	---
Receiving Lanes	2	2	2	2	2	2	---	---
Turn Bay or Segment Length (m)	154.0	154.0	94.8	94.8	77.2	77.2	---	---
Parking present?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	---	---
Parking Maneuvers (H/hr)	---	---	---	---	---	---	---	---
Bus Stopping Rate (H/hr)	0	0	0	0	0	0	---	---
Stop Line Detector Length (m)	300	300	300	---	---	300	---	---
Adjusted Flow Rate (veh/h)	59	71	164	0	0	155	---	---
HCM 2010 Capacity (veh/h)	270	241	2874	0	34	2874	---	---
HCM Volume/Capacity	0.217	0.293	0.057	0.000	0.000	0.054	---	---

Figura 56

Capacidad vehicular para intersección N°1 – Jr. Angamos,
(Periodo: 2:00pm-3:00pm)

HCM 2010 INTERSECTION	Auto Mode		Pedestrian Mode		Bicycle Mode		PED	HOLD
	WBL	WBR	NBT	NBR	SBL	SBT		
Node #	16.0	16.0	60.0	---	60.0	60.0	---	---
Description	5.0	5.0	5.0	---	5.0	5.0	---	---
Control Type	11.0	11.0	11.0	---	11.0	11.0	---	---
Cycle Length (s)	16.0	16.0	16.0	---	16.0	16.0	---	---
Lock Timings:	Max	Max	Max	---	Max	Max	---	---
HCM Equilibrium Cycle(s)	84.0	84.0	84.0	---	84.0	84.0	---	---
HCM Control Delay(s)	11.3	11.3	11.3	---	11.3	11.3	---	---
HCM Intersection LOS:	B	B	B	---	B	B	---	---
Analysis Time Period (h)	0.25	0.25	0.25	---	0.25	0.25	---	---
Saturation Flow Rate (pc/h/ln)	1900	1900	1900	---	1900	1900	---	---
Sneakers Per Cycle (veh)	2.0	2.0	2.0	---	2.0	2.0	---	---
Number of Calc Iterations:	70	70	70	---	70	70	---	---
Stored Passenger Car Length (m)	8.0	8.0	8.0	---	8.0	8.0	---	---
Stored Heavy Vehicle Length (m)	14.4	14.4	14.4	---	14.4	14.4	---	---
Probability Peds. Pushing Button:	0.51	0.51	0.51	---	0.51	0.51	---	---
Deceleration Rate (ft/s/s)	4.00	4.00	4.00	---	4.00	4.00	---	---
Acceleration Rate (ft/s/s)	3.50	3.50	3.50	---	3.50	3.50	---	---
Distance Between Stored Cars (ft)	8.00	8.00	8.00	---	8.00	8.00	---	---
Queue Length Percentile	50	50	50	---	50	50	---	---
Left-Turn Equivalency Factor:	1.05	1.05	1.05	---	1.05	1.05	---	---
Right-Turn Equivalency Factor:	1.18	1.18	1.18	---	1.18	1.18	---	---
Heavy Veh Equivalency Factor:	2.00	2.00	2.00	---	2.00	2.00	---	---
Critical Gap for Perm. Left Turn (s)	4.5	4.5	4.5	---	4.5	4.5	---	---
Follow-up Time for Perm. L Turn (s)	2.5	2.5	2.5	---	2.5	2.5	---	---
Stop Threshold Speed (mph)	5.0	5.0	5.0	---	5.0	5.0	---	---
Critical Merge Gap (s)	3.7	3.7	3.7	---	3.7	3.7	---	---
Maximum Green (s)	16.0	16.0	60.0	---	60.0	60.0	---	---
Walk Time (s)	5.0	5.0	5.0	---	5.0	5.0	---	---
Flash Dont Walk (s)	11.0	11.0	11.0	---	11.0	11.0	---	---
Walk+ ped. clear (s)	16.0	16.0	16.0	---	16.0	16.0	---	---
Recall Mode	Max	Max	Max	---	Max	Max	---	---
Dual Entry?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	---	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	---	---
Right Turn on Red Volume (vph)	---	0	---	---	---	---	---	---
Percent Heavy Vehicles (%)	2	2	2	2	2	2	---	---
Lane Utilization Adj. Factor	---	---	0.95	---	---	0.95	---	---
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	---	---
Lost Time Adjust (s)	0.0	0.0	0.0	---	0.0	0.0	---	---
Startup Lost Time (s)	2.0	2.0	2.0	---	2.0	2.0	---	---
Extension of Effect Green Time (s)	2.0	2.0	2.0	---	2.0	2.0	---	---
HCM Platoon Ratio	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	---	---
HCM Upstream Filtering Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	---	---
Pedestrian volume (p/h)	---	0	---	---	---	---	---	---
Bicycle volume (bicycles/h)	---	0	---	---	---	---	---	---
Initial Queue (veh)	0	0	0	---	---	---	---	---
Speed limit (km/h)	50	---	50	---	---	50	---	---
Lane Width (m)	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	---	---
Receiving Lanes	2	2	2	2	2	2	---	---
Turn Bay or Segment Length (m)	154.0	154.0	94.8	94.8	77.2	77.2	---	---
Parking present?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	---	---
Parking Maneuvers (H/hr)	---	---	---	---	---	---	---	---
Bus Stopping Rate (H/hr)	0	0	0	0	0	0	---	---
Stop Line Detector Length (m)	300	300	300	---	---	300	---	---
Adjusted Flow Rate (veh/h)	59	71	164	0	0	155	---	---
HCM 2010 Capacity (veh/h)	338	302	2661	0	43	2661	---	---
HCM Volume/Capacity	0.174	0.234	0.062	0.000	0.000	0.058	---	---

Figura 57

Capacidad vehicular para intersección N°1 – Jr. Angamos,
(Periodo:3:00am-4:00pm)

HCM 2010 INTERSECTION		Auto Mode		Pedestrian Mode		Bicycle Mode			
Node #	1	WBL	WBR	NBT	NBR	SBL	SBT	PED	HOLD
Maximum Green (s)	16.0	16.0	61.0	---	61.0	61.0	---	---	---
Walk Time (s)	5.0	5.0	5.0	---	5.0	5.0	---	---	---
Flash Dont Walk (s)	11.0	11.0	11.0	---	11.0	11.0	---	---	---
Walk + ped. clear (s)	16.0	16.0	16.0	---	16.0	16.0	---	---	---
Recall Mode	Max	Max	Max	---	Max	Max	---	---	---
Dual Entry?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	---	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	---	---	---
Right Turn on Red Volume (vph)	---	0	---	---	---	---	---	---	---
Percent Heavy Vehicles (%)	2	2	2	2	2	2	2	---	---
Lane Utilization Adj Factor	---	---	0.95	---	---	0.95	---	---	---
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	---	---	---
Lost Time Adjust (s)	0.0	0.0	0.0	---	---	0.0	---	---	---
Startup Lost Time (s)	2.0	2.0	2.0	---	---	2.0	---	---	---
Extension of Effect Green Time (s)	2.0	2.0	2.0	---	---	2.0	---	---	---
HCM Platoon Ratio	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	---	---	---
HCM Upstream Filtering Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	---	---	---
Pedestrian volume (p/h)	---	0	---	0	---	---	---	---	---
Bicycle volume (bicycles/h)	---	0	---	0	---	---	---	---	---
Initial Queue (veh)	0	0	0	---	---	0	---	---	---
Speed limit (km/h)	50	---	50	---	---	50	---	---	---
Lane Width (m)	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	---	---	---
Receiving Lanes	2	2	2	2	2	2	---	---	---
Turn Bay or Segment Length (m)	154.0	154.0	94.8	94.8	77.2	77.2	---	---	---
Parking present?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	---	---	---
Parking Maneuvers (#/hr)	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Bus Stopping Rate, (#/hr)	0	0	0	0	0	0	---	---	---
Stop Line Detector Length (m)	300	300	300	---	---	300	---	---	---
Adjusted Flow Rate (veh/h)	59	71	164	0	0	155	---	---	---
HCM 2010 Capacity (veh/h)	334	298	2674	0	42	2674	---	---	---
HCM Volume/Capacity	0.176	0.237	0.061	0.000	0.000	0.058	---	---	---

Figura 58

Capacidad vehicular para intersección N°1 – Jr. Angamos,
(Periodo:4:00pm-5:00pm)

HCM 2010 INTERSECTION		Auto Mode		Pedestrian Mode		Bicycle Mode			
Node #	1	WBL	WBR	NBT	NBR	SBL	SBT	PED	HOLD
Maximum Green (s)	16.0	16.0	61.0	---	61.0	61.0	---	---	---
Walk Time (s)	5.0	5.0	5.0	---	5.0	5.0	---	---	---
Flash Dont Walk (s)	11.0	11.0	11.0	---	11.0	11.0	---	---	---
Walk + ped. clear (s)	16.0	16.0	16.0	---	16.0	16.0	---	---	---
Recall Mode	Max	Max	Max	---	Max	Max	---	---	---
Dual Entry?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	---	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	---	---	---
Right Turn on Red Volume (vph)	---	0	---	---	---	---	---	---	---
Percent Heavy Vehicles (%)	2	2	2	2	2	2	---	---	---
Lane Utilization Adj Factor	---	---	0.95	---	---	0.95	---	---	---
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	---	---	---
Lost Time Adjust (s)	0.0	0.0	0.0	---	---	0.0	---	---	---
Startup Lost Time (s)	2.0	2.0	2.0	---	---	2.0	---	---	---
Extension of Effect Green Time (s)	2.0	2.0	2.0	---	---	2.0	---	---	---
HCM Platoon Ratio	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	---	---	---
HCM Upstream Filtering Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	---	---	---
Pedestrian volume (p/h)	---	0	---	0	---	---	---	---	---
Bicycle volume (bicycles/h)	---	0	---	0	---	---	---	---	---
Initial Queue (veh)	0	0	0	---	---	0	---	---	---
Speed limit (km/h)	50	---	50	---	---	50	---	---	---
Lane Width (m)	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	---	---	---
Receiving Lanes	2	2	2	2	2	2	---	---	---
Turn Bay or Segment Length (m)	154.0	154.0	94.8	94.8	77.2	77.2	---	---	---
Parking present?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	---	---	---
Parking Maneuvers (#/hr)	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Bus Stopping Rate, (#/hr)	0	0	0	0	0	0	---	---	---
Stop Line Detector Length (m)	300	300	300	---	---	300	---	---	---
Adjusted Flow Rate (veh/h)	59	71	164	0	0	155	---	---	---
HCM 2010 Capacity (veh/h)	334	298	2674	0	42	2674	---	---	---
HCM Volume/Capacity	0.176	0.237	0.061	0.000	0.000	0.058	---	---	---

Figura 59

Capacidad vehicular para intersección N°1 – Jr. Angamos,
(Periodo:5:00pm-6:00pm)

HCM 2010 INTERSECTION		HCM 2010 SETTINGS							
		wBL	wBR	NBT	NBR	SBL	SBT	PED	HOLD
Node #	1	16.0	16.0	56.0	—	56.0	56.0	—	—
Description		5.0	5.0	5.0	—	5.0	5.0	—	—
Control Type	Pretimed	11.0	11.0	11.0	—	11.0	11.0	—	—
Cycle Length (s)	80.0	16.0	16.0	16.0	—	16.0	16.0	—	—
Lock Timings:		Max	Max	Max	—	Max	Max	—	—
HCM Equilibrium Cycle(s)	80.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	—	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	—	—
HCM Control Delay(s)	10.8	—	0	—	—	—	—	—	—
HCM Intersection LOS:	B	2	2	2	2	2	2	—	—
Analysis Time Period (h)	0.25	—	—	0.95	—	—	0.95	—	—
Saturation Flow Rate (pc/h/h)	1900	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	—	—
Sneakers Per Cycle (veh)	2.0	0.0	0.0	0.0	—	—	0.0	—	—
Number of Calc Iterations:	70	2.0	2.0	2.0	—	—	2.0	—	—
Stored Passenger Car Length (m)	8.0	2.0	2.0	2.0	—	—	2.0	—	—
Stored Heavy Vehicle Length (m)	14.4	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	—	—
Probability Peds. Pushing Button:	0.51	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	—	—
Deceleration Rate (ft/s/s)	4.00	—	0	—	0	—	—	—	—
Acceleration Rate (ft/s/s)	3.50	—	0	—	0	—	—	—	—
Distance Between Stored Cars (ft)	8.00	0	0	0	—	—	0	—	—
Queue Length Percentile	50	50	—	50	—	—	50	—	—
Left-Turn Equivalency Factor:	1.05	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	—	—
Right-Turn Equivalency Factor:	1.18	2	2	2	2	2	2	—	—
Heavy Veh Equivalency Factor:	2.00	154.0	154.0	94.8	94.8	77.2	77.2	—	—
Critical Gap for Perm. Left Turn (s)	4.5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	—	—
Follow-up Time for Perm. L Turn (s)	2.5	—	—	—	—	—	—	—	—
Stop Threshold Speed (mph)	5.0	0	0	0	0	0	0	—	—
Critical Merge Gap (s)	3.7	300	300	300	—	—	300	—	—
		59	71	164	0	0	155	—	—
		355	317	2608	0	45	2608	—	—
		0.165	0.223	0.063	0.000	0.000	0.060	—	—

Figura 60

Capacidad vehicular para intersección N°1 – Jr. Angamos,
(Periodo:6:00pm-7:00pm)

HCM 2010 INTERSECTION		HCM 2010 SETTINGS							
		wBL	wBR	NBT	NBR	SBL	SBT	PED	HOLD
Node #	1	16.0	16.0	71.0	—	71.0	71.0	—	—
Description		5.0	5.0	5.0	—	5.0	5.0	—	—
Control Type	Pretimed	11.0	11.0	11.0	—	11.0	11.0	—	—
Cycle Length (s)	95.0	16.0	16.0	16.0	—	16.0	16.0	—	—
Lock Timings:		Max	Max	Max	—	Max	Max	—	—
HCM Equilibrium Cycle(s)	95.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	—	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	—	—
HCM Control Delay(s)	12.7	—	0	—	—	—	—	—	—
HCM Intersection LOS:	B	2	2	2	2	2	2	—	—
Analysis Time Period (h)	0.25	—	—	0.95	—	—	0.95	—	—
Saturation Flow Rate (pc/h/h)	1900	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	—	—
Sneakers Per Cycle (veh)	2.0	0.0	0.0	0.0	—	—	0.0	—	—
Number of Calc Iterations:	70	2.0	2.0	2.0	—	—	2.0	—	—
Stored Passenger Car Length (m)	8.0	2.0	2.0	2.0	—	—	2.0	—	—
Stored Heavy Vehicle Length (m)	14.4	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	—	—
Probability Peds. Pushing Button:	0.51	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	—	—
Deceleration Rate (ft/s/s)	4.00	—	0	—	0	—	—	—	—
Acceleration Rate (ft/s/s)	3.50	—	0	—	0	—	—	—	—
Distance Between Stored Cars (ft)	8.00	0	0	0	—	—	0	—	—
Queue Length Percentile	50	50	—	50	—	—	50	—	—
Left-Turn Equivalency Factor:	1.05	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	—	—
Right-Turn Equivalency Factor:	1.18	2	2	2	2	2	2	—	—
Heavy Veh Equivalency Factor:	2.00	154.0	154.0	94.8	94.8	77.2	77.2	—	—
Critical Gap for Perm. Left Turn (s)	4.5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	—	—
Follow-up Time for Perm. L Turn (s)	2.5	—	—	—	—	—	—	—	—
Stop Threshold Speed (mph)	5.0	0	0	0	0	0	0	—	—
Critical Merge Gap (s)	3.7	300	300	300	—	—	300	—	—
		59	71	164	0	0	155	—	—
		299	267	2784	0	38	2784	—	—
		0.196	0.265	0.059	0.000	0.000	0.056	—	—

El resumen de estos resultados es el siguiente:

Tabla 44

Capacidad Vehicular – Intersección N° 1

Intersección Semaforizada N° 1			
HORA	Ciclo Dinámico (Seg)	Capacidad 120% de Ciclo Dinámico (Ce/h)	Capacidad 80% de Ciclo Dinámico (Ve/h)
07:00	88	3642	2428
08:00	119	3858	2572
09:00	105	3778	2518
10:00	91	3670	2446
11:00	86	3623	2416
12:00	128	3781	2521
13:00	105	3776	2517
14:00	84	3603	2402
15:00	85	3613	2409
16:00	84	3613	2409
17:00	80	3560	2373
18:00	95	3703	2469

Este procedimiento se realiza para las 13 intersecciones de este estudio.

5.1.6. Evaluación dinámica de la variación de la capacidad vehicular en una intersección aplicando y sin aplicar un ciclo semafórico dinámico

a. Intersección semafórica N°1 – Jr. Angamos

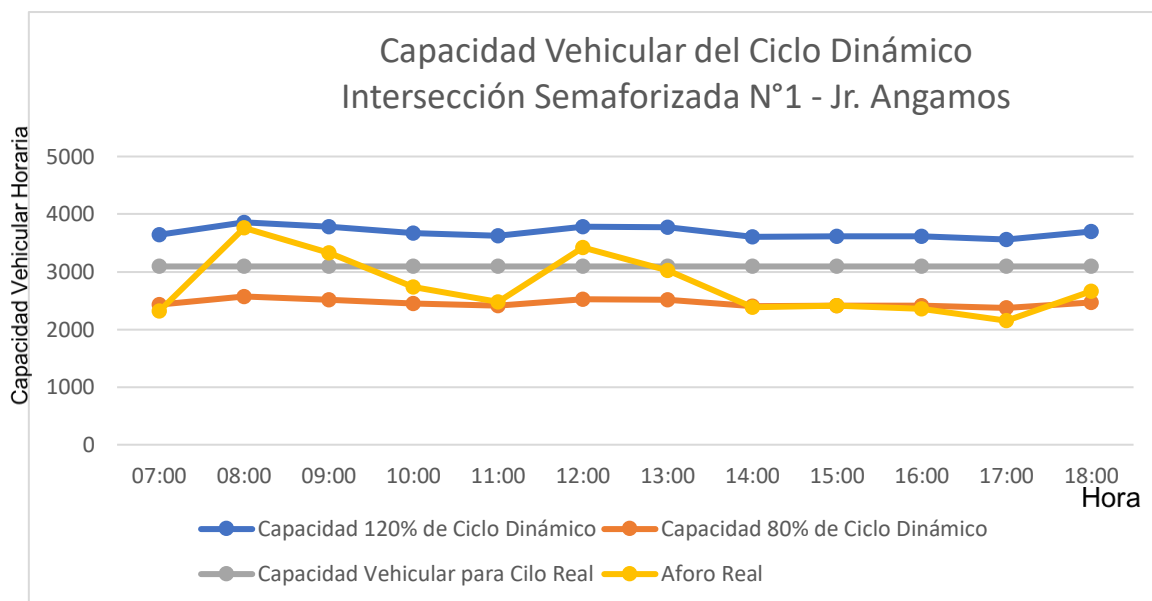
Tabla 45

Capacidad Vehicular – Intersección N° 1

Intersección Semaforizada N° 1						
HORA	Ciclo Dinámico (Seg)	Capacidad 120% de Ciclo Dinámico (Ce/h)	Capacidad 80% de Ciclo Dinámico (Ve/h)	Ciclo Semafórico Real (Seg)	Capacidad Vehicular para Ciclo Real (Ve/h)	Densidad Vehicular Aforada (Ve/h)
7:00	88	3642	2428	96	3093	2323
8:00	119	3858	2572	96	3093	3761
9:00	105	3778	2518	96	3093	3333
10:00	91	3670	2446	96	3093	2734
11:00	86	3623	2416	96	3093	2477
12:00	128	3781	2521	96	3093	3425
13:00	105	3776	2517	96	3093	3028
14:00	84	3603	2402	96	3093	2383
15:00	85	3613	2409	96	3093	2417
16:00	84	3613	2409	96	3093	2356
17:00	80	3560	2373	96	3093	2152
18:00	95	3703	2469	96	3093	2661

Figura 61

Gráfica de capacidad vehicular – Intersección N° 1



b. Intersección semafórica N°2 – Jr. Chanchamayo

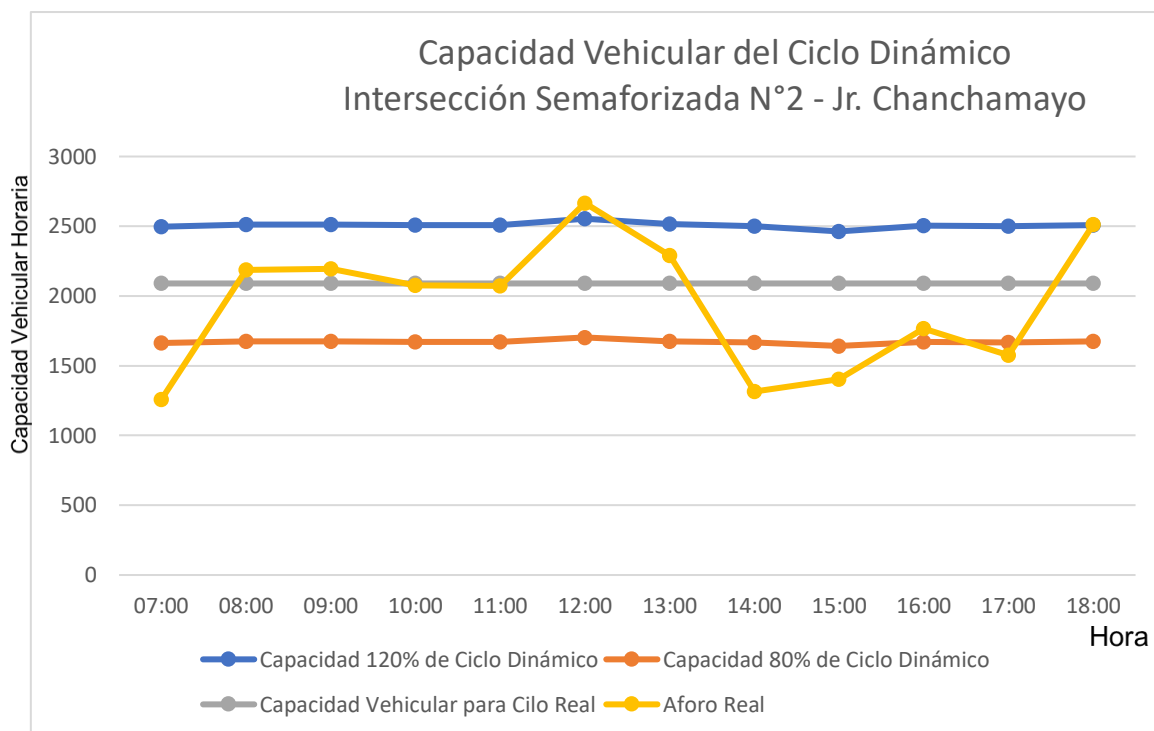
Tabla 46

Capacidad Vehicular – Intersección N° 2

Intersección Semaforizada N° 2						
Hora	Ciclo Dinámico (Seg)	Capacidad 120% de Ciclo Dinámico	Capacidad 80% de Ciclo Dinámico	Ciclo Semafórico Real (Seg)	Capacidad Vehicular para Ciclo Real (Ve/h)	Densidad Vehicular Aforada (Ve/h)
7:00	88	2498	1665	94	2090	1259
8:00	95	2511	1674	94	2090	2187
9:00	95	2511	1674	94	2090	2196
10:00	94	2508	1672	94	2090	2077
11:00	94	2508	1672	94	2090	2073
12:00	99	2554	1703	94	2090	2666
13:00	96	2514	1676	94	2090	2290
14:00	89	2499	1666	94	2090	1314
15:00	89	2463	1642	94	2090	1402
16:00	92	2506	1670	94	2090	1767
17:00	90	2502	1668	94	2090	1576
18:00	98	2510	1673	94	2090	2511

Figura 62

Gráfica de capacidad vehicular - Intersección N° 2



c. Intersección Semaforizada N° 3 – Jr. Miguel Iglesias

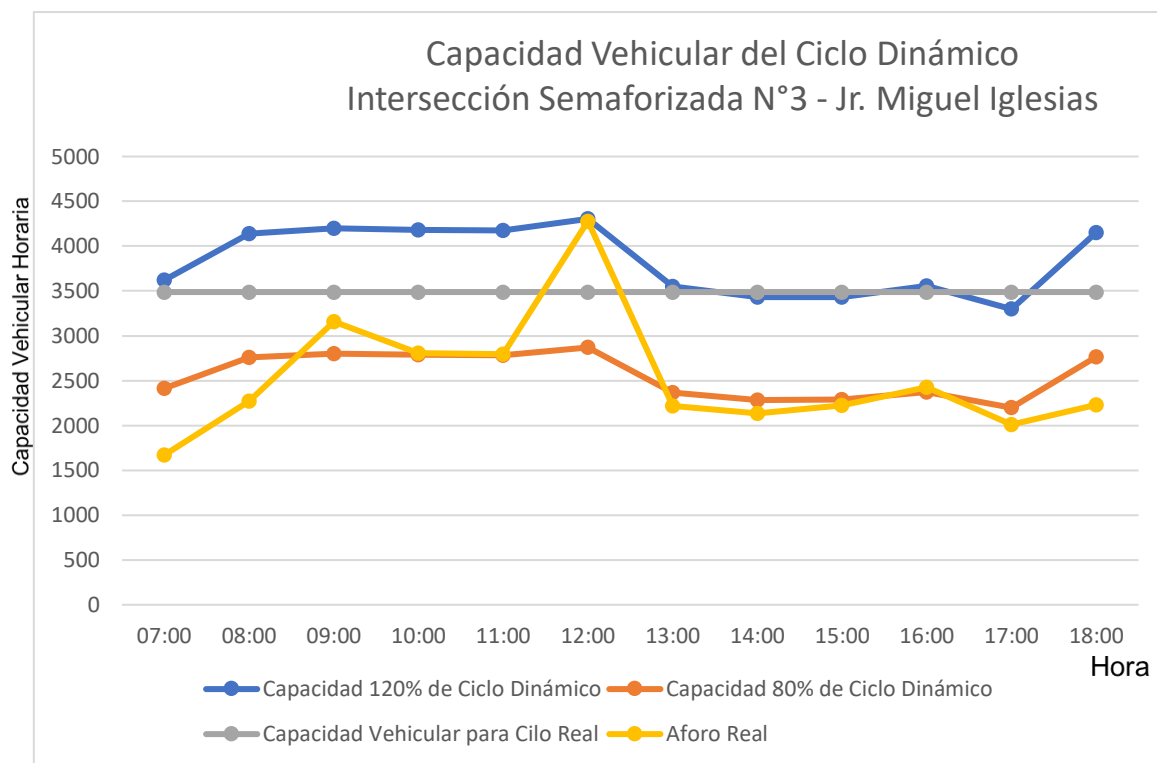
Tabla 47

Capacidad Vehicular – Intersección N° 3

Intersección Semaforizada N° 3						
Hora	Ciclo Dinámico (Seg)	Capacidad 120% de Ciclo Dinámico	Capacidad 80% de Ciclo Dinámico	Ciclo Semaforico Real (Seg)	Capacidad Vehicular para Ciclo Real (Ve/h)	Densidad Vehicular Aforada (Ve/h)
7:00	74	3624	2416	95	3488	1671
8:00	83	4142	2762	95	3488	2271
9:00	101	4202	2802	95	3488	3160
10:00	93	4180	2786	95	3488	2805
11:00	92	4176	2784	95	3488	2792
12:00	163	4304	2870	95	3488	4279
13:00	71	3550	2366	95	3488	2219
14:00	71	3430	2286	95	3488	2136
15:00	72	3434	2290	95	3488	2226
16:00	72	3554	2370	95	3488	2426
17:00	69	3298	2198	95	3488	2009
18:00	85	4151	2767	95	3488	2230

Figura 63

Gráfica de capacidad vehicular - Intersección N° 3



d. Intersección Semaforizada N° 4 – Jr. Los Sauces

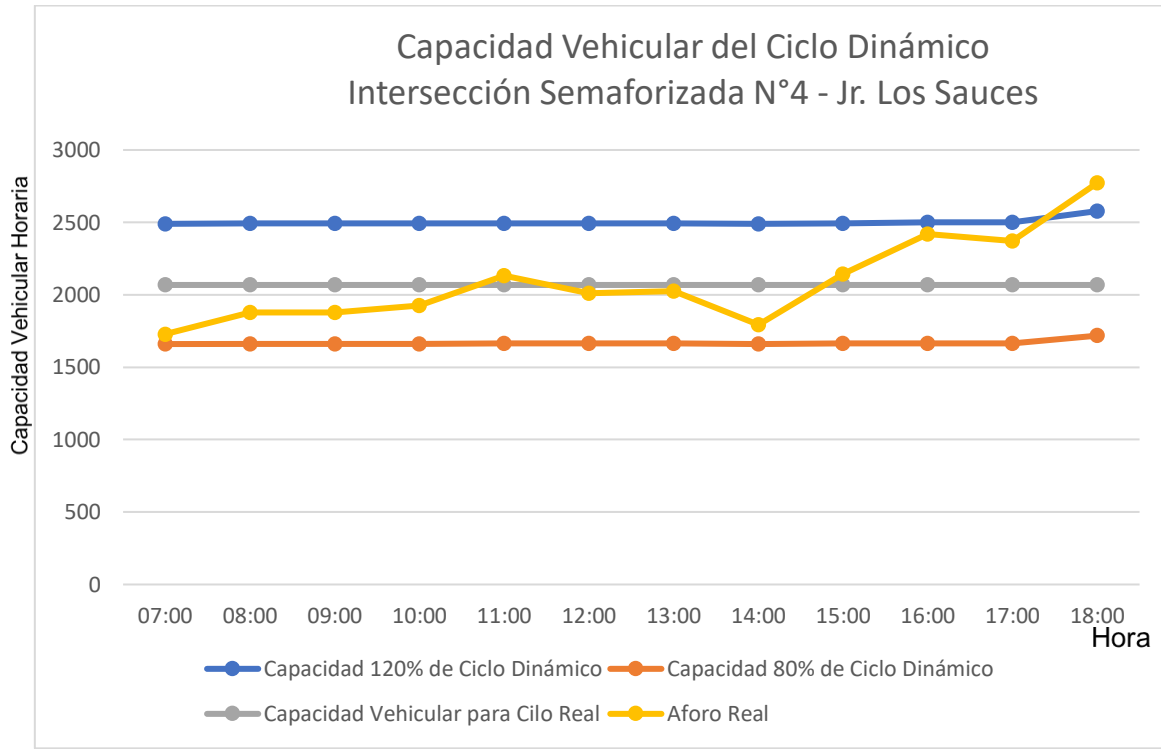
Tabla 48

Capacidad Vehicular – Intersección N° 4

Intersección Semaforizada N° 4						
Hora	Ciclo Dinámico (Seg)	Capacidad 120% de Ciclo Dinámico	Capacidad 80% de Ciclo Dinámico	Ciclo Semafórico Real (Seg)	Capacidad Vehicular para Ciclo Real (Ve/h)	Densidad Vehicular Aforada (Ve/h)
7:00	85	2490	1660	81	2068	1729
8:00	86	2493	1662	81	2068	1879
9:00	86	2493	1662	81	2068	1879
10:00	86	2493	1662	81	2068	1926
11:00	87	2495	1663	81	2068	2134
12:00	87	2495	1663	81	2068	2009
13:00	87	2495	1663	81	2068	2024
14:00	85	2490	1660	81	2068	1793
15:00	87	2495	1663	81	2068	2145
16:00	89	2499	1666	81	2068	2420
17:00	89	2499	1666	81	2068	2370
18:00	92	2578	1718	81	2068	2772

Figura 64

Gráfica de capacidad vehicular - Intersección N° 4



e. Intersección Semaforzada N° 5 – Prol. Revilla Pérez

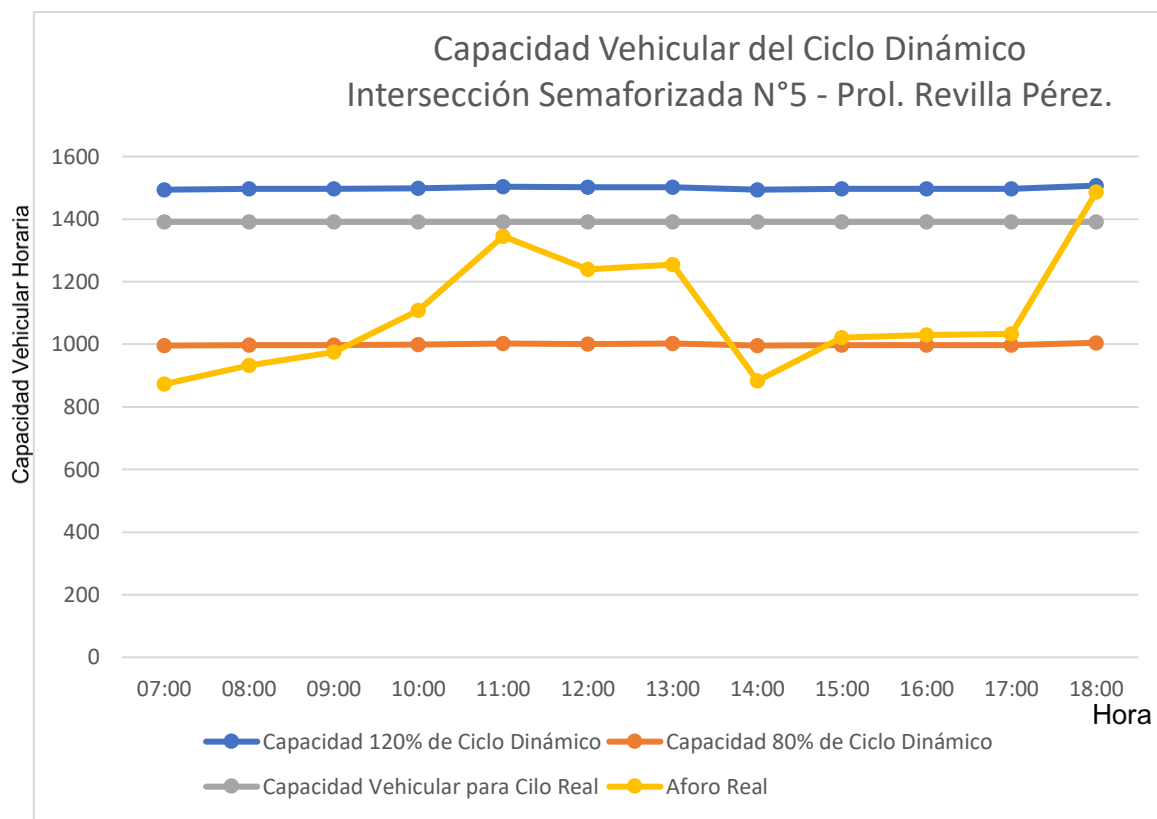
Tabla 49

Capacidad Vehicular – Intersección N° 5

Intersección Semaforzada N° 5						
Hora	Ciclo Dinámico (Seg)	Capacidad 120% de Ciclo Dinámico	Capacidad 80% de Ciclo Dinámico	Ciclo Semafórico Real (Seg)	Capacidad Vehicular para Ciclo Real (Ve/h)	Densidad Vehicular Aforada (Ve/h)
7:00	85	1494	996	91	1391	873
8:00	86	1496	997	91	1391	933
9:00	86	1496	997	91	1391	976
10:00	88	1499	999	91	1391	1108
11:00	92	1503	1002	91	1391	1345
12:00	90	1501	1001	91	1391	1239
13:00	91	1502	1002	91	1391	1254
14:00	85	1494	996	91	1391	884
15:00	87	1497	998	91	1391	1021
16:00	87	1497	998	91	1391	1030
17:00	87	1497	998	91	1391	1033
18:00	95	1507	1005	91	1391	1486

Figura 65

Gráfica de capacidad vehicular - Intersección N° 5



f. Intersección Semaforizada N° 6 – Jr. Sta. Teres de Jornet

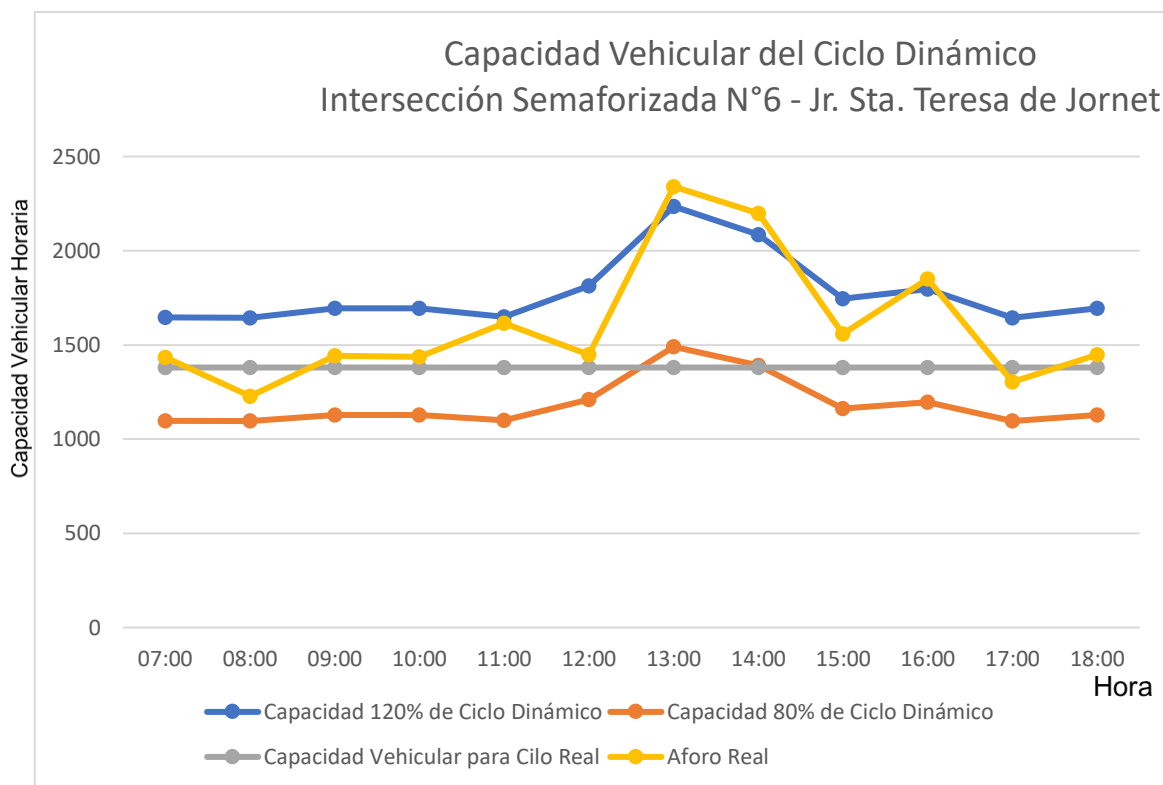
Tabla 50

Capacidad Vehicular – Intersección N° 6

Intersección Semaforizada N° 6						
Hora	Ciclo Dinámico (Seg)	Capacidad 120% de Ciclo Dinámico	Capacidad 80% de Ciclo Dinámico	Ciclo Semaforico Real (Seg)	Capacidad Vehicular para Ciclo Real (Ve/h)	Densidad Vehicular Aforada (Ve/h)
7:00	76	1645	1097	81	1380	1433
8:00	75	1644	1096	81	1380	1228
9:00	76	1693	1129	81	1380	1441
10:00	76	1693	1129	81	1380	1436
11:00	77	1648	1099	81	1380	1615
12:00	82	1813	1209	81	1380	1449
13:00	96	2235	1490	81	1380	2340
14:00	93	2086	1391	81	1380	2199
15:00	84	1744	1163	81	1380	1559
16:00	79	1795	1197	81	1380	1851
17:00	75	1644	1096	81	1380	1304
18:00	76	1693	1129	81	1380	1449

Figura 66

Gráfica de capacidad vehicular - Intersección N° 6



g. Intersección Semaforzada N° 7 – Jr. Hoyos Rubio

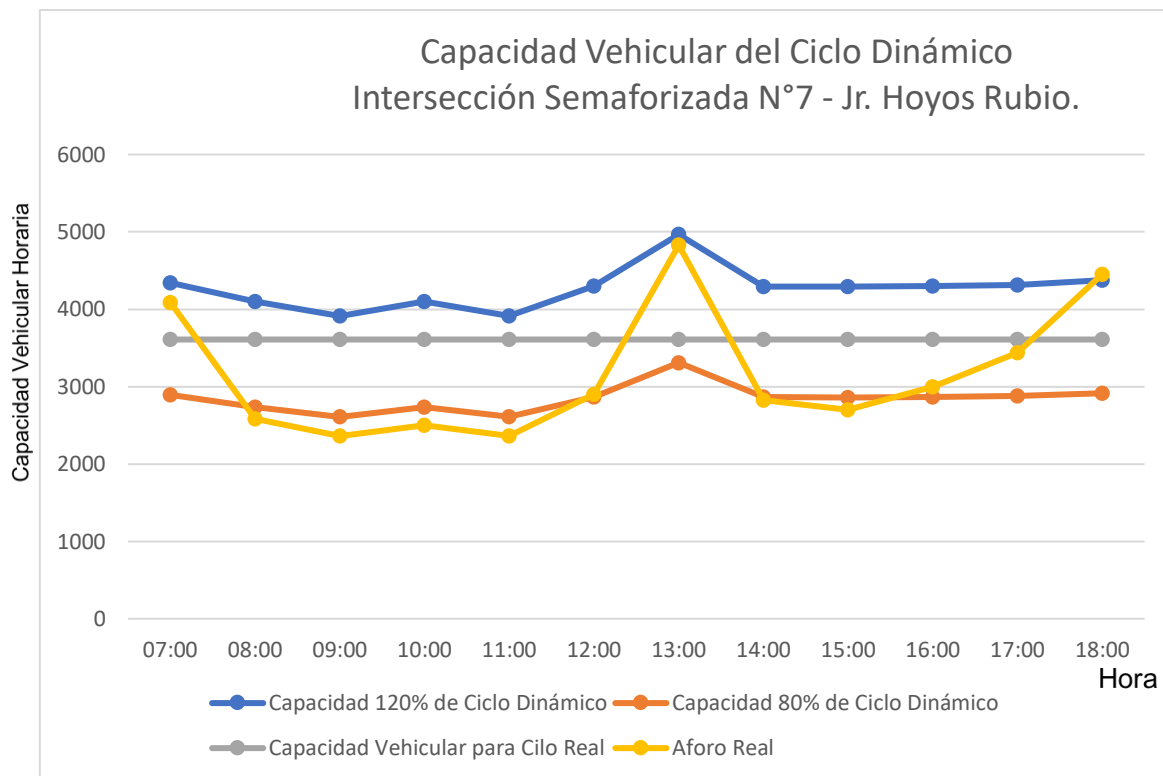
Tabla 51

Capacidad Vehicular – Intersección N° 7

Intersección Semaforzada N° 7						
Hora	Ciclo Dinámico (Seg)	Capacidad 120% de Ciclo Dinámico	Capacidad 80% de Ciclo Dinámico	Ciclo Semafórico Real (Seg)	Capacidad Vehicular para Ciclo Real (Ve/h)	Densidad Vehicular Aforada (Ve/h)
7:00	203	4338	2892	195	3609	4088
8:00	144	4102	2734	195	3609	2584
9:00	137	3912	2608	195	3609	2361
10:00	142	4099	2733	195	3609	2498
11:00	138	3914	2610	195	3609	2364
12:00	158	4300	2866	195	3609	2899
13:00	257	4966	3310	195	3609	4828
14:00	153	4295	2863	195	3609	2825
15:00	151	4291	2861	195	3609	2702
16:00	161	4303	2868	195	3609	2997
17:00	177	4316	2878	195	3609	3437
18:00	278	4374	2916	195	3609	4451

Figura 67

Gráfica de capacidad vehicular - Intersección N° 7



h. Intersección Semaforizada N° 8 – Jr. Zoilo León Ordoñez

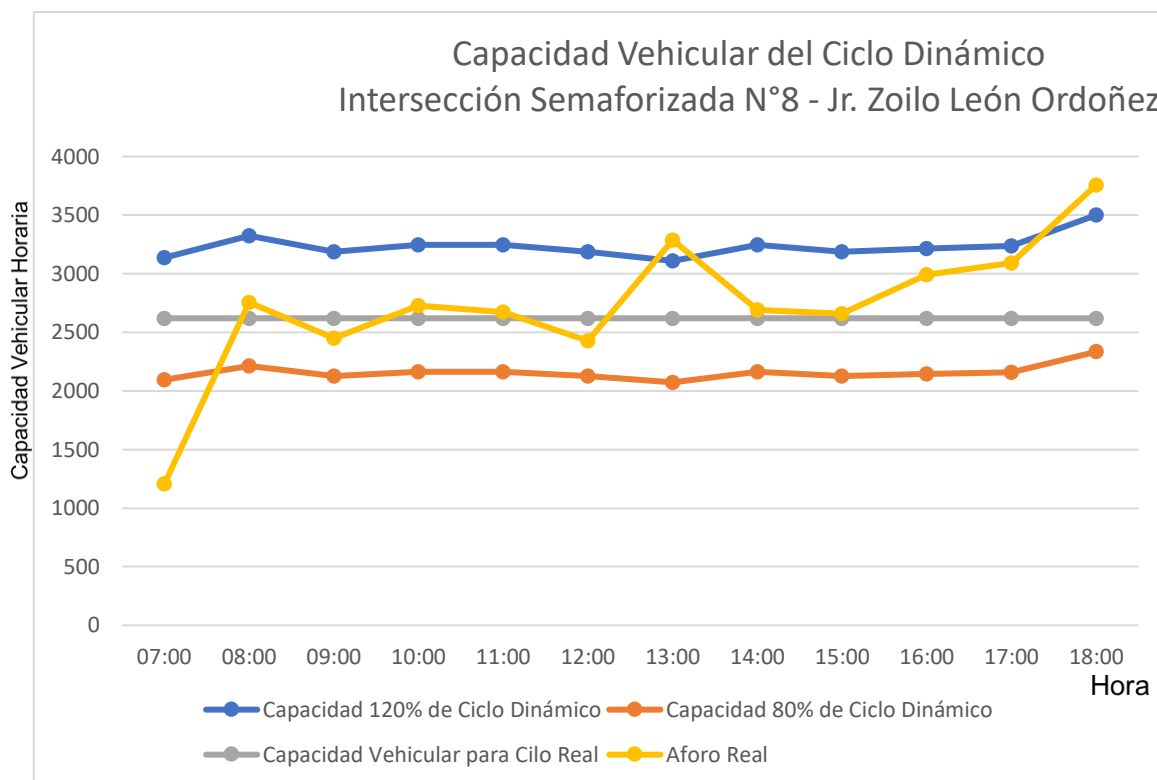
Tabla 52

Capacidad Vehicular – Intersección N° 8

Intersección Semaforizada N° 8						
Hora	Ciclo Dinámico (Seg)	Capacidad 120% de Ciclo Dinámico	Capacidad 80% de Ciclo Dinámico	Ciclo Semafórico Real (Seg)	Capacidad Vehicular para Ciclo Real (Ve/h)	Densidad Vehicular Aforada (Ve/h)
7:00	93	3139	2093	96	2620	1207
8:00	154	3322	2214	96	2620	2755
9:00	125	3187	2125	96	2620	2448
10:00	165	3248	2165	96	2620	2726
11:00	165	3248	2165	96	2620	2673
12:00	125	3187	2125	96	2620	2428
13:00	73	3109	2073	96	2620	3285
14:00	165	3248	2165	96	2620	2692
15:00	125	3188	2125	96	2620	2657
16:00	143	3214	2143	96	2620	2991
17:00	159	3239	2159	96	2620	3093
18:00	194	3500	2334	96	2620	3757

Figura 68

Gráfica de capacidad vehicular - Intersección N° 8



i. Intersección Semaforzada N° 9 – Jr. Ayacucho

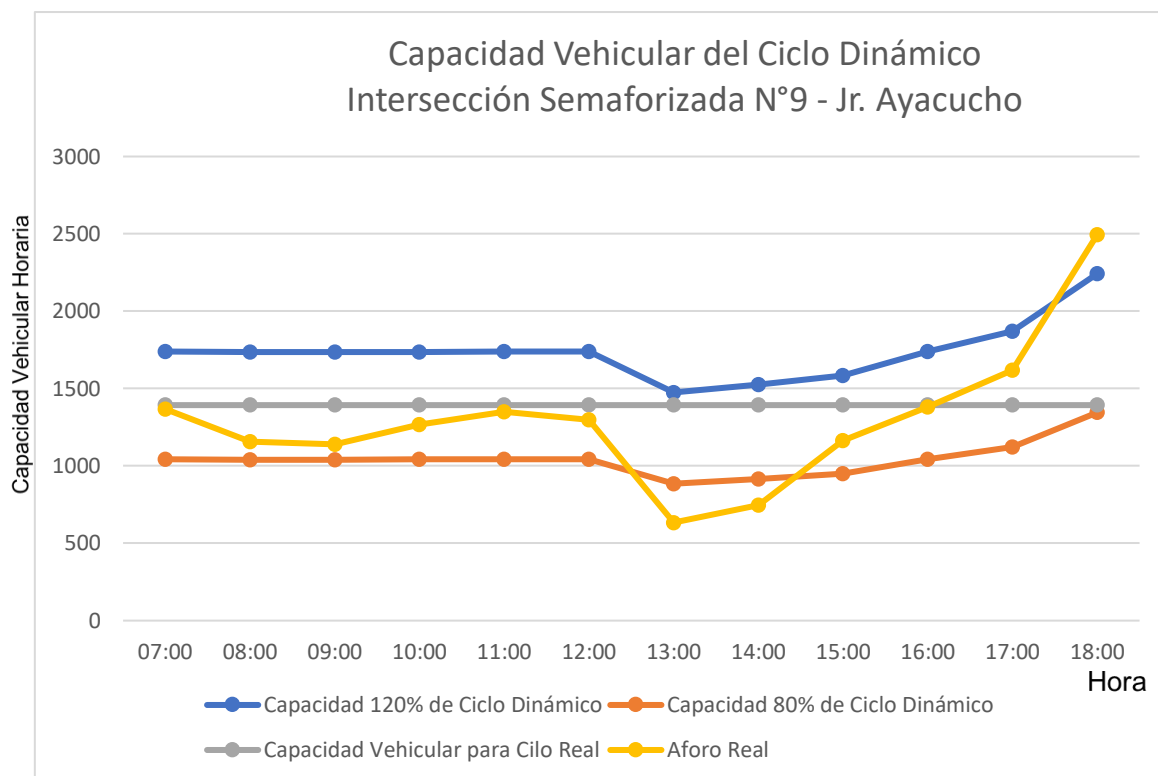
Tabla 53

Capacidad Vehicular – Intersección N° 9

Intersección Semaforzada N° 9						
Hora	Ciclo Dinámico (Seg)	Capacidad 120% de Ciclo Dinámico	Capacidad 80% de Ciclo Dinámico	Ciclo Semafórico Real (Seg)	Capacidad Vehicular para Ciclo Real (Ve/h)	Densidad Vehicular Aforada (Ve/h)
7:00	92	1740	1044	93	1393	1366
8:00	89	1735	1041	93	1393	1156
9:00	88	1735	1041	93	1393	1139
10:00	90	1737	1042	93	1393	1267
11:00	92	1740	1044	93	1393	1351
12:00	91	1739	1043	93	1393	1297
13:00	82	1475	885	93	1393	634
14:00	83	1527	916	93	1393	747
15:00	89	1585	951	93	1393	1163
16:00	92	1740	1044	93	1393	1380
17:00	96	1871	1122	93	1393	1619
18:00	117	2242	1345	93	1393	2494

Figura 69

Gráfica de capacidad vehicular - Intersección N° 9



j. Intersección Semaforzada N° 10 – Jr. El Mutuy

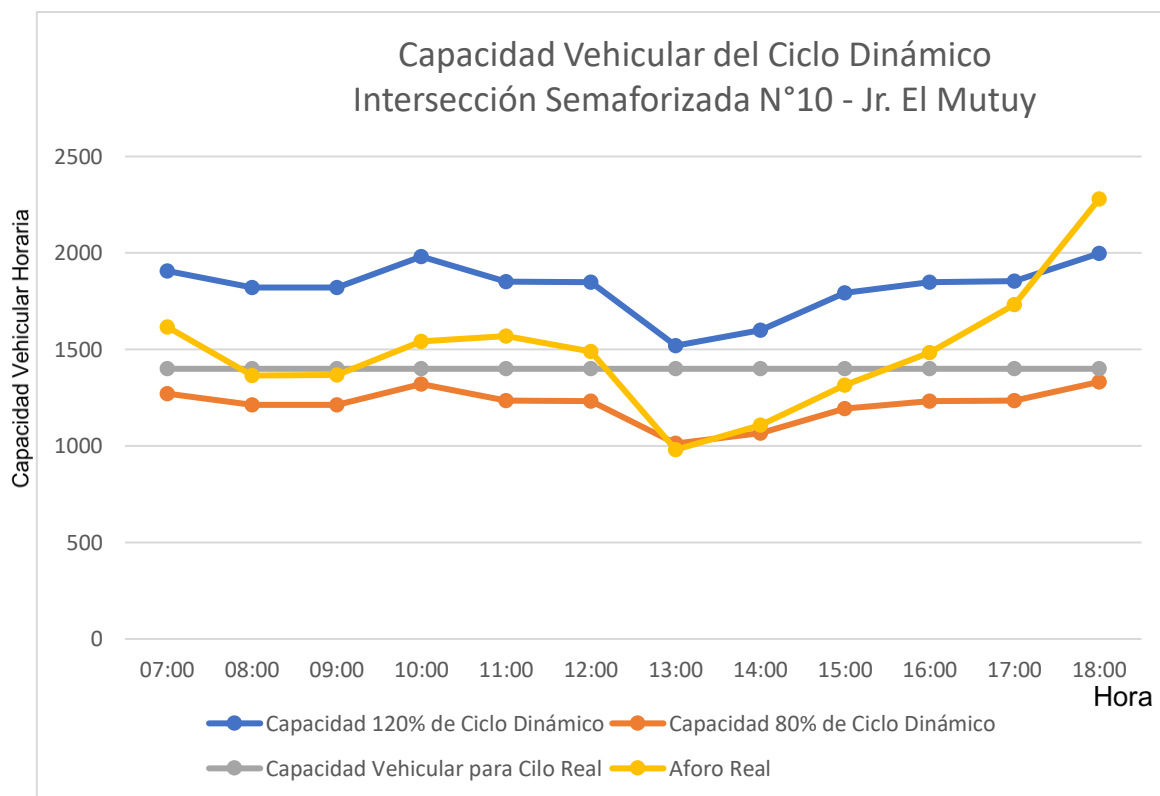
Tabla 54

Capacidad Vehicular – Intersección N° 10

Intersección Semaforzada N° 10						
Hora	Ciclo Dinámico (Seg)	Capacidad 120% de Ciclo Dinámico	Capacidad 80% de Ciclo Dinámico	Ciclo Semafórico Real (Seg)	Capacidad Vehicular para Ciclo Real (Ve/h)	Densidad Vehicular Aforada (Ve/h)
7:00	105	1906	1271	100	1400	1617
8:00	99	1820	1213	100	1400	1364
9:00	99	1820	1213	100	1400	1367
10:00	102	1982	1321	100	1400	1541
11:00	103	1851	1234	100	1400	1570
12:00	101	1850	1233	100	1400	1490
13:00	91	1520	1013	100	1400	981
14:00	93	1601	1068	100	1400	1107
15:00	98	1793	1195	100	1400	1316
16:00	101	1850	1233	100	1400	1483
17:00	106	1854	1236	100	1400	1733
18:00	118	1998	1332	100	1400	2280

Figura 70

Gráfica de capacidad vehicular - Intersección N° 10



k. Intersección Semaforizada N° 11 – Av. Andrés Bello

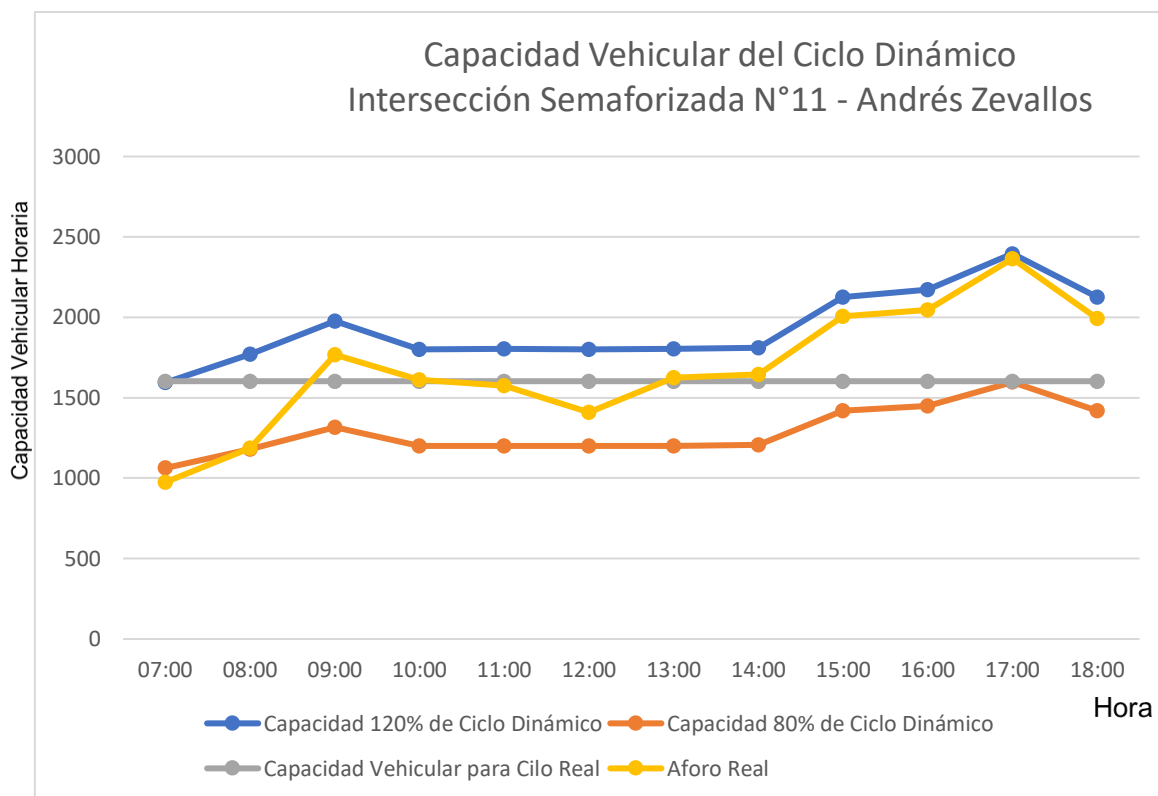
Tabla 55

Capacidad Vehicular – Intersección N° 11

Intersección Semaforizada N° 11						
Hora	Ciclo Dinámico (Seg)	Capacidad 120% de Ciclo Dinámico	Capacidad 80% de Ciclo Dinámico	Ciclo Semaforico Real (Seg)	Capacidad Vehicular para Ciclo Real (Ve/h)	Densidad Vehicular Aforada (Ve/h)
7:00	79	1594	1063	90	1603	975
8:00	82	1771	1181	90	1603	1187
9:00	91	1976	1318	90	1603	1766
10:00	88	1800	1200	90	1603	1612
11:00	88	1803	1202	90	1603	1574
12:00	85	1800	1200	90	1603	1410
13:00	88	1803	1202	90	1603	1626
14:00	89	1810	1206	90	1603	1646
15:00	95	2127	1418	90	1603	2005
16:00	96	2172	1448	90	1603	2047
17:00	102	2396	1597	90	1603	2365
18:00	95	2127	1418	90	1603	1992

Figura 71

Gráfica de capacidad vehicular - Intersección N° 11



I. Intersección Semaforizada N° 12 – Jr. El Inca

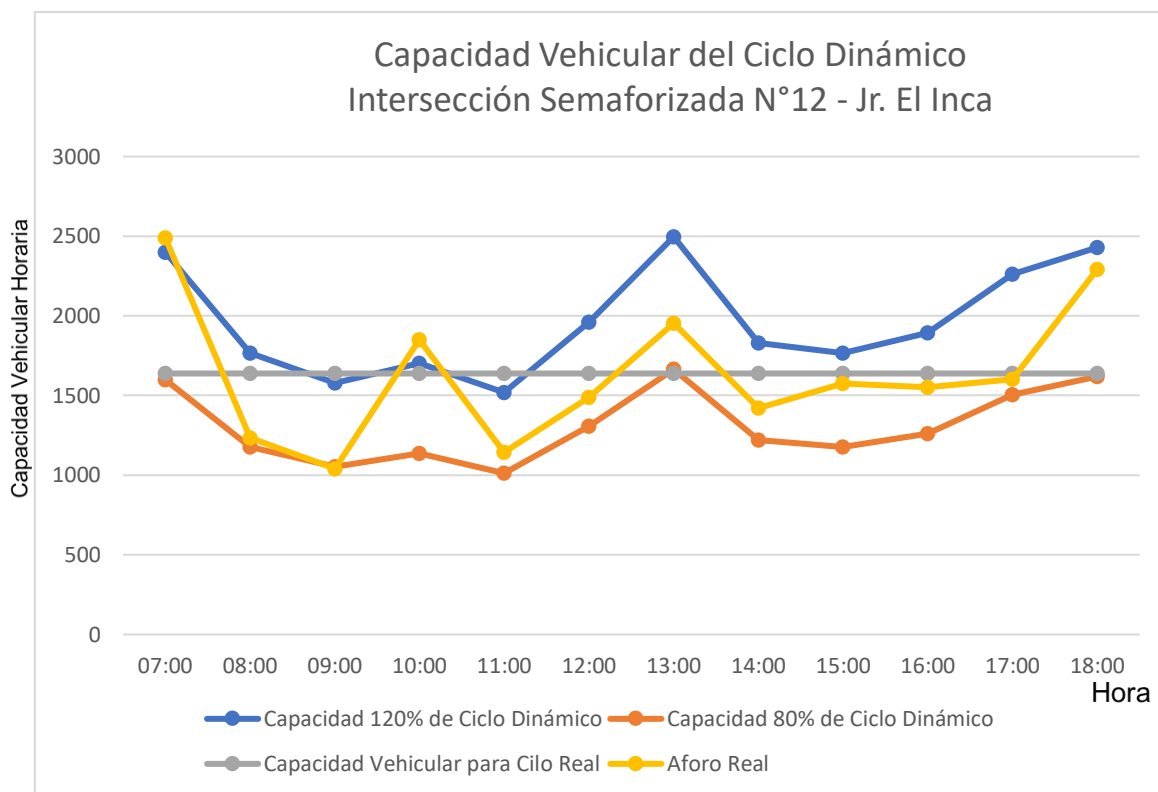
Tabla 56

Capacidad Vehicular – Intersección N° 12

Intersección Semaforizada N° 12						
Hora	Ciclo Dinámico (Seg)	Capacidad 120% de Ciclo Dinámico	Capacidad 80% de Ciclo Dinámico	Ciclo Semafórico Real (Seg)	Capacidad Vehicular para Ciclo Real (Ve/h)	Densidad Vehicular Aforada (Ve/h)
7:00	104	2399	1600	94	1638	2488
8:00	86	1766	1178	94	1638	1233
9:00	82	1579	1052	94	1638	1041
10:00	84	1703	1135	94	1638	1851
11:00	81	1519	1012	94	1638	1144
12:00	91	1960	1307	94	1638	1489
13:00	137	2496	1664	94	1638	1952
14:00	88	1830	1220	94	1638	1421
15:00	86	1766	1178	94	1638	1576
16:00	89	1894	1262	94	1638	1552
17:00	98	2260	1506	94	1638	1603
18:00	129	2429	1619	94	1638	2292

Figura 72

Gráfica de capacidad vehicular - Intersección N° 12



m. Intersección Semaforizada N° 13 – Rotonda Musical.

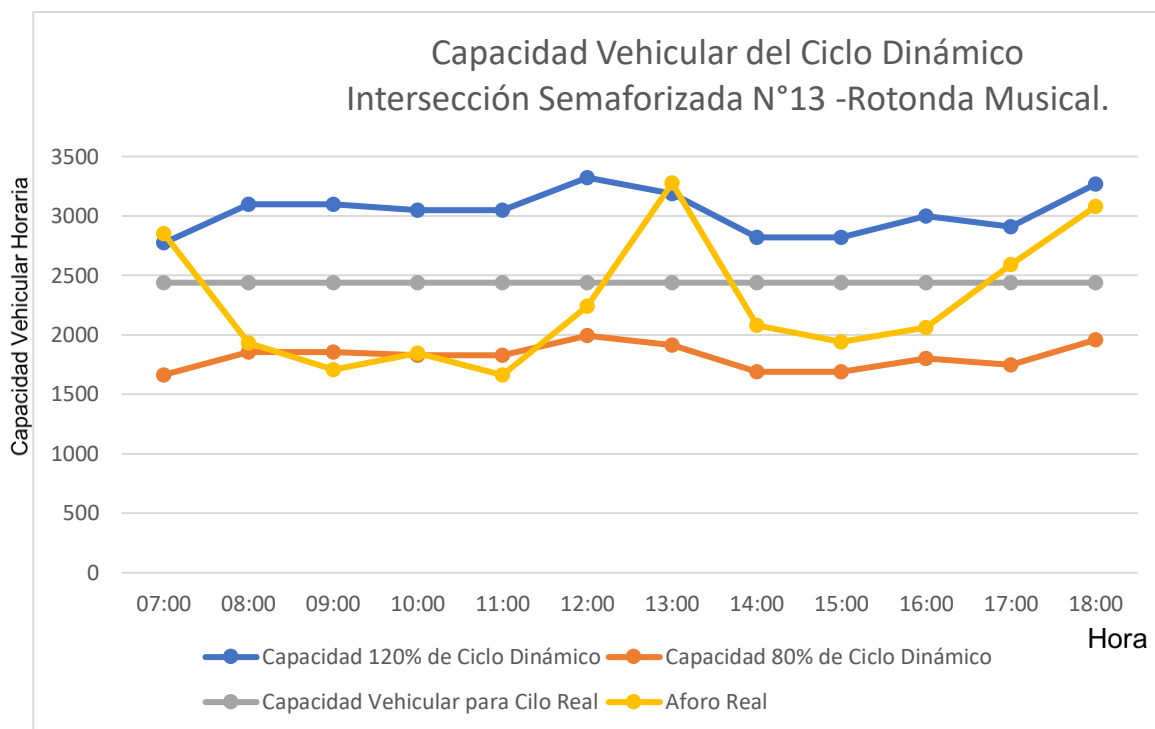
Tabla 57

Capacidad Vehicular – Intersección N° 13

Intersección Semaforizada N° 13						
Hora	Ciclo Dinámico (Seg)	Capacidad 120% de Ciclo Dinámico	Capacidad 80% de Ciclo Dinámico	Ciclo Semaforico Real (Seg)	Capacidad Vehicular para Ciclo Real (Ve/h)	Densidad Vehicular Aforada (Ve/h)
7:00	88	2773	1664	94	2439	2852
8:00	95	3096	1857	94	2439	1931
9:00	95	3096	1857	94	2439	1709
10:00	94	3049	1829	94	2439	1848
11:00	94	3049	1829	94	2439	1662
12:00	99	3322	1993	94	2439	2242
13:00	96	3186	1912	94	2439	3276
14:00	89	2818	1691	94	2439	2081
15:00	89	2818	1691	94	2439	1941
16:00	92	3001	1801	94	2439	2061
17:00	90	2909	1746	94	2439	2593
18:00	98	3269	1961	94	2439	3078

Figura 73

Gráfica de capacidad vehicular - Intersección N° 13



En síntesis, se evaluó la variación de la capacidad vial en las 13 intersecciones ubicadas en la Vía de Evitamiento, en el tramo comprendido entre la Rotonda Musical y el Jr. Angamos de Cajamarca, mediante un análisis del desempeño operacional bajo la implementación del ciclo semafórico dinámico propuesto.

El análisis de capacidad vial se realizó utilizando el software Synchro 8.0, considerando parámetros clave de ingeniería de tránsito para calcular la capacidad ajustada por factores de equivalencia vehicular y hora de máxima demanda, de acuerdo con las metodologías del Highway Capacity Manual (HCM) y los principios de optimización de ciclos semafóricos de F. V. Webster.

Los resultados obtenidos muestran la variación de la capacidad vial en función de la redistribución de tiempos verdes efectivos.

Tabla 58.

Porcentajes de Variación comparativos de la duración del ciclo óptimo y la capacidad vehicular horaria para cada intersección semaforizada

Hora	Intersecciones Semaforizadas																										
	N° 1		N° 2		N° 3		N° 4		N° 5		N° 6		N° 7		N° 8		N° 9		N° 10		N° 11		N° 12		N° 13		
	%Var. Co ¹	% Var VHMD ²	%Var. Co	% Var VHMD	%Var. Co	% Var VHMD	%Var. Co	% Var VHMD	%Var. Co	% Var VHMD	%Var. Co	% Var VHMD	%Var. Co	% Var VHMD	%Var. Co	% Var VHMD	%Var. Co	% Var VHMD	%Var. Co	% Var VHMD	%Var. Co	% Var VHMD	%Var. Co	% Var VHMD	%Var. Co	% Var VHMD	%Var. Co
7:00	8.33	36.22	6.38	49.60	22.11	53.89	-4.94	30.56	6.59	41.57	6.17	12.89	-4.10	5.76	8.33	61.55	1.08	21.49	-5.00	15.16	12.22	38.83	-10.64	-3.71	6.38	-2.85	
8:00	-23.96	2.51	-1.06	12.90	12.63	45.17	-6.17	24.63	5.49	37.63	7.41	25.30	26.15	37.01	-4.17	17.07	4.30	33.37	1.00	25.05	8.89	32.98	8.51	30.18	-1.06	37.63	
9:00	-9.38	11.78	-1.06	12.54	-6.32	24.80	-6.17	24.63	5.49	34.76	6.17	14.88	29.74	39.65	-1.04	23.19	5.38	34.35	1.00	24.89	-1.11	10.63	12.77	34.07	-1.06	44.80	
10:00	5.21	25.50	0.00	17.19	2.11	32.89	-6.17	22.74	3.30	26.08	6.17	15.18	27.18	39.06	-3.13	16.07	3.23	27.06	-2.00	22.25	2.22	10.44	10.64	-8.69	0.00	39.39	
11:00	10.42	31.63	0.00	17.34	3.16	33.14	-7.41	14.47	-1.10	10.51	4.94	2.00	29.23	39.60	-3.13	17.70	1.08	22.36	-3.00	15.18	2.22	12.70	13.83	24.69	0.00	45.49	
12:00	-33.33	9.42	-5.32	-4.39	-71.58	0.58	-7.41	19.48	1.10	17.46	-1.23	20.08	18.97	32.58	-1.04	23.82	2.15	25.42	-1.00	19.46	5.56	21.67	3.19	24.03	-5.32	32.51	
13:00	-9.38	19.81	-2.13	8.91	25.26	37.49	-7.41	18.88	0.00	16.51	-18.52	-4.70	-31.79	2.78	2.08	-5.66	11.83	57.02	9.00	35.46	2.22	9.82	-45.74	21.79	-2.13	-2.82	
14:00	12.50	33.86	5.32	47.42	25.26	37.73	-4.94	27.99	6.59	40.83	-14.81	-5.42	21.54	34.23	-3.13	17.12	10.75	51.08	7.00	30.86	1.11	9.06	6.38	22.35	5.32	26.15	
15:00	11.46	33.10	5.32	43.08	24.21	35.18	-7.41	14.03	4.40	31.80	-3.70	10.61	22.56	37.03	-3.13	16.66	4.30	26.62	2.00	26.60	-5.56	5.74	8.51	10.76	5.32	31.12	
16:00	12.50	34.79	2.13	29.49	24.21	31.74	-9.88	3.16	4.40	31.20	2.47	-3.12	17.44	30.35	-5.21	6.94	1.08	20.69	-1.00	19.84	-6.67	5.76	5.32	18.06	2.13	31.32	
17:00	16.67	39.55	4.26	37.01	27.37	39.08	-9.88	5.16	4.40	31.00	7.41	20.68	9.23	20.37	-7.29	4.51	-3.23	13.47	-6.00	6.53	-13.33	1.29	-4.26	29.07	4.26	10.86	
18:00	1.04	28.14	-4.26	-0.04	10.53	46.28	-13.58	-7.53	-4.40	1.39	6.17	14.41	-42.56	-1.76	-15.63	-7.34	-25.81	-11.24	-18.00	-14.11	-5.56	6.35	-37.23	5.64	-4.26	5.84	

Tabla 59.

Variación porcentual promedio de la capacidad vehicular por intersección

Variación Porcentual ⁴ (%)	Intersecciones Semaforizadas													Promedio ³
	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5	N° 6	N° 7	N° 8	N° 9	N° 10	N° 11	N° 12	N° 13	
	25.53	22.59	34.83	16.52	26.73	10.23	26.39	15.97	26.81	18.93	13.77	17.35	24.95	21.58

¹ Estos valores son las variaciones porcentuales de las duraciones del ciclo dinámico y la duración del ciclo semafórico real para cada intersección semaforizada.

² Estos valores son las variaciones porcentuales de las capacidades vehiculares horarias máximas correspondientes al ciclo dinámico y las capacidades vehiculares horarias máximas correspondientes al ciclo semafórico real para cada intersección semaforizada.

³ Este valor es el promedio de las variaciones porcentuales promedio de las 13 intersecciones semaforizadas estudiadas.

⁴ Estos valores son el promedio de las variaciones porcentuales de la capacidad vehicular de la tabla 5.31.

5.2. Análisis, interpretación y discusión de resultados

Los resultados de esta investigación muestran que la implementación de un sistema de semaforización dinámica en la vía de Evitamiento, tramo Rotonda Musical – Jr. Angamos, incrementa la capacidad vehicular de 1,380–3,609 veh/h bajo el ciclo actual a 1,507–4,966 veh/h con el modelo dinámico, un aumento promedio de 21.58%. Este resultado se logra mediante la adaptación de los tiempos de luz verde según la demanda horaria y la optimización de fases, atendiendo de manera diferenciada los flujos principales y secundarios.

Comparando con investigaciones previas, se observa consistencia respecto a los beneficios de la semaforización adaptativa. Moya Agud (2023) encontró que ciclos cortos de 40 seg a 60 seg reducían hasta en 50 % los tiempos de viaje del transporte público; en esta investigación, el beneficio se refleja en el incremento de capacidad y eficiencia del flujo general. Lizárraga (2024) mejoró el nivel de servicio de E y F a D mediante ciclos variables, efecto similar al observado en el tramo estudiado.

Basurto e Yzaguirre (2019) y Guzmán y Zevallos (2022) reportaron que la adaptación de fases y sincronización semafórica redujo saturación y colas, resultados que coinciden con el aumento de capacidad obtenido aquí. Estudios de Llanos (2018), Alcántara (2018) y Araujo (2020) identificaron niveles críticos de servicio y demoras elevadas, lo que respalda la necesidad de ajustes dinámicos; esta investigación confirma que la reestructuración de ciclos según flujo real mejora notablemente la operación. Flores (2024) también evidenció que ciclos inadecuados generan retrasos y bajo nivel de servicio, reforzando la hipótesis central de este estudio.

En conclusión, aunque los estudios previos destacan principalmente la reducción de demoras y mejora de niveles de servicio, esta investigación demuestra adicionalmente un incremento cuantificable de la capacidad vehicular, validando que la adaptación dinámica de los ciclos semafóricos optimiza significativamente la operación vial en tramos urbanos con alta demanda.

Tabla 60

Comparación de capacidad vehicular máxima para ciclo existente y ciclo dinámico

COMPARACIÓN DE CAPACIDAD VEHICULAR MÁXIMA PARA CICLO EXISTENTE Y CICLO DINÁMICO		
INTERSECCIÓN	CAPACIDAD VEHICULAR PARA CICLO REAL	CAPACIDAD VEHICULAR MÁXIMA PARA CICLO SEMAFÓRICO DINÁMICO
Intersección N° 1 - Vía de Evitamiento con Jr. Angamos	3093	3858
Intersección N° 2 - Vía de Evitamiento con Jr. Chanchamayo	2090	2554
Intersección N° 3 - Vía de Evitamiento con Jr. Miguel Iglesias	3488	4304
Intersección N° 4 - Vía de Evitamiento con Jr. Los Sauces	2068	2578
Intersección N° 5 - Vía de Evitamiento con Prol. Revilla Pérez	1391	1507
Intersección N° 6 - Vía de Evitamiento con Jr. Sta Teresa Journet	1380	2235
Intersección N° 7 - Vía de Evitamiento con Av. Hoyos Rubio	3609	4966
Intersección N° 8 - Vía de Evitamiento con Jr. Zoilo León	2620	3500
Intersección N° 9 - Vía de Evitamiento con Jr. Ayacucho	1393	2242
Intersección N° 10 - Vía de Evitamiento con Jr. El Mutuy	1400	1998
Intersección N° 11 - Vía de Evitamiento con Av. Carlos Malpica	1603	2396
Intersección N° 12 - Vía de Evitamiento con Jr. El Inca	1638	2496
Intersección N° 13 - Vía de Evitamiento con Jr. Atahualpa	2439	3322

5.3. Contrastación de hipótesis

La hipótesis de esta investigación establece que la implementación de un ciclo semafórico dinámico en horas punta incrementa en un 20 % la capacidad vehicular en la vía de Evitamiento, tramo Rotonda Musical – Jr. Angamos, en Cajamarca. Los resultados obtenidos permiten validar esta hipótesis, dado que la capacidad vehicular del tramo bajo el ciclo actual oscila entre 1,380 y 3,609 veh/h, mientras que con la propuesta dinámica se incrementa a un rango de 1,507 a 4,966 veh/h. Este aumento promedio de 21.58 %, cumpliendo así con el incremento estimado en la hipótesis.

Conclusiones

- El análisis realizado en la Vía de Evitamiento, específicamente en las intersecciones semaforizadas del tramo comprendido entre la Rotonda Musical y la intersección con el jirón Angamos, demuestra que la implementación de un ciclo semafórico dinámico al adaptar los tiempos de señalización a las condiciones reales de flujo, se logra optimizar la capacidad vehicular en 21.58%.

- Luego de realizado el análisis se verifica que en el promedio de las horas la capacidad vehicular de las intersecciones estudiadas en la Vía de Evitamiento tramo desde la Rotonda Musical hasta el jr. Angamos tienen un incremento positivo de 25.53% en la intersección con el Jr. Angamos, 22.59% en la intersección con el Jr. Chanchamayo, 34.83% vehículos en la intersección con el Jr. Miguel Iglesias, 16.52% en la intersección con el Jr. Los Sauces, 26.73% en la intersección con la Prol. Revilla Pérez, 10.23% en la intersección con el Jr. Sta Teresa Journet, 26.39% en la intersección con la Av. Hoyos Rubio, 15.97% en la intersección con el Jr. Zoilo León, 26.81% en la intersección con el Jr. Ayacucho, 18.93% en la intersección con el Jr. El Mutuy, 13.77% en la intersección con la Av. Carlos Malpica, 17.35% en la intersección con el Jr. El inca y 24.95% en la intersección con el Jr. Atahualpa.

- Se realizó el aforo de la Vía de Evitamiento tramo desde la Rotonda Musical hasta el jr. Angamos, determinando que circulan 13049 veh en la intersección con el Jr. Angamos, 29819 veh en la intersección con el Jr. Chanchamayo, 27351 veh vehículos en la intersección con el Jr. Miguel Iglesias, 28452 veh en la intersección con el Jr. Los Sauces, 33213 veh en la intersección con la Prol. Revilla Pérez, 39431 veh en la intersección con el Jr. Sta Teresa Journet, 58870 veh en la intersección con la Av. Hoyos Rubio, 22705 veh en la

intersección con el Jr. Zoilo León, 33032 veh en la intersección con el Jr. Ayacucho, 15889 veh en la intersección con el Jr. El Mutuy, 29777 veh en la intersección con la Av. Carlos Malpica, 18046 veh en la intersección con el Jr. El inca y 24969 veh en la intersección con el Jr. Atahualpa; durante el periodo de estudio entre las 7:00 am y las 7:00 pm.

- Luego de medir la duración del ciclo semafórico de la Vía de Evitamiento tramo desde la Rotonda Musical hasta el jr. Angamos, se determinó que el ciclo semafórico total es de 96 seg en la intersección con el Jr. Angamos, 94 seg en la intersección con el Jr. Chanchamayo, 95 seg vehículos en la intersección con el Jr. Miguel Iglesias, 81 seg en la intersección con el Jr. Los Sauces, 91 seg en la intersección con la Prol. Revilla Pérez, 81 seg en la intersección con el Jr. Sta Teresa Jounet, 195 seg en la intersección con la Av. Hoyos Rubio, 96 seg en la intersección con el Jr. Zoilo León, 93 seg en la intersección con el Jr. Ayacucho, 100 seg en la intersección con el Jr. El Mutuy, 90 seg en la intersección con la Av. Carlos Malpica, 84 seg en la intersección con el Jr. El inca y 94 seg en la intersección con el Jr. Atahualpa.

- Se diseñaron los ciclos semafóricos dinámicos para las intersecciones estudiadas de la Vía de Evitamiento tramo desde la Rotonda Musical hasta el jr. Angamos, con una duración que variaba entre (80 – 128) seg en la intersección con el Jr. Angamos, (88-99) seg en la intersección con el Jr. Chanchamayo, (69–193) seg en la intersección con el Jr. Miguel Iglesias, (85-95) seg en la intersección con el Jr. Los Sauces, (85-95) seg en la intersección con la Prol. Revilla Pérez, (75-96) seg en la intersección con el Jr. Sta Teresa Jounet, (137-278) seg en la intersección con la Av. Hoyos Rubio, (73-194) seg en la intersección con el Jr. Zoilo León, (82-117) seg en la intersección con el Jr.

Ayacucho, (91-118) seg en la intersección con el Jr. El Mutuy, (79-102) seg en la intersección con la Av. Carlos Malpica, (81-137) seg en la intersección con el Jr. El inca y (88-99) seg en la intersección con el Jr. Atahualpa.

- Empleando el software Synchro se determinó para las intersecciones estudiadas su capacidad vehicular aplicando ciclo real como para ciclo dinámico propuesto obteniendo los siguientes resultados comparativos: 3093 veh/h para ciclo real y 3858 veh/h para el ciclo dinámico en la intersección con el Jr. Angamos, 2090 veh/h para ciclo real y 2554 veh/h para el ciclo dinámico en la intersección con el Jr. Chanchamayo, 3488 veh/h para ciclo real y 4304 veh/h para el ciclo dinámico en la intersección con el Jr. Miguel Iglesias, 2068 veh/h para ciclo real y 2578 veh/h para el ciclo dinámico en la intersección con el Jr. Los Sauces, 1391 veh/h para ciclo real y 1507 veh/h para el ciclo dinámico en la intersección con la Prol. Revilla Pérez, 1380 veh/h para ciclo real y 2235 veh/h para el ciclo dinámico en la intersección con el Jr. Sta Teresa Journet, 3609 veh/h para ciclo real y 4966 veh/h para el ciclo dinámico en la intersección con la Av. Hoyos Rubio, 2620 veh/h para ciclo real y 3500 veh/h para el ciclo dinámico en la intersección con el Jr. Zoilo León, 1393 veh/h para ciclo real y 2242 veh/h para el ciclo dinámico en la intersección con el Jr. Ayacucho, 1400 veh/h para ciclo real y 1998 veh/h para el ciclo dinámico en la intersección con el Jr. El Mutuy, 1603 veh/h para ciclo real y 2396 veh/h para el ciclo dinámico en la intersección con la Av. Carlos Malpica, 1638 veh/h para ciclo real y 2496 veh/h para el ciclo dinámico en la intersección con el Jr. El inca y 2439 veh/h para ciclo real y 3322 veh/h para el ciclo dinámico en la intersección con el Jr. Atahualpa.

Recomendaciones

- Implementación y seguimiento del ciclo semafórico dinámico: Se recomienda poner en operación el ciclo semafórico dinámico diseñado y realizar un monitoreo continuo de su desempeño. Los datos recolectados pueden servir como base para futuros estudios sobre ajustes finos en los tiempos de luz verde y su impacto en distintos periodos del día o eventos especiales.

- Estudios comparativos de intersecciones adyacentes: Se sugiere ampliar la investigación a otras intersecciones de la vía de Evitamiento y vías aledañas, para evaluar la eficiencia del sistema dinámico en diferentes contextos urbanos. Esto permitiría generar modelos de gestión de tráfico más integrales para toda la ciudad.

- Integración con tecnologías de movilidad inteligente: Se recomienda explorar la aplicación de sensores, cámaras y sistemas de control de tráfico en tiempo real, que permitan actualizar automáticamente los ciclos semafóricos según la demanda. Esta línea de investigación puede abrir oportunidades para proyectos de “Tráfico Inteligente” y colaboración entre universidades y autoridades locales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcántara Quispe, M. (2018). Análisis del nivel de servicio y capacidad vehicular de la Avenida San Martín de Porres, ubicada entre la Avenida Atahualpa y la Avenida Argentina, aplicando la metodología del HCM 2000. Cajamarca.
- Amelunge Martínez, F. (17 de Agosto de 2018). SlideShare. Obtenido de <https://es.slideshare.net/3kforce/semaforos-fam-presentacion>
- Araujo Mejía, R. A. (2020). Nivel de servicio de la semaforización en las intersecciones de la Av. Atahualpa – Av. San Martín de Porres y Av. Vía de Evitamiento Norte – Av. Angamos en la ciudad de Cajamarca. Cajamarca.
- Arce Cigúeñas, D. M. (2017). *Sistema autónomo de control de tráfico vehicular para intersecciones de avenidas*. Lima: Pontificie Universidad Católica del Perú.
- Basurto Valladares, L. J., & Yzaguirre de la Torre, R. R. (2019). Propuesta de un sistema de semaforización para reducir el grado de saturación en las intersecciones de Av. Angamos este con Av. República de Panamá, Av. Tomás Marsano y Av. Aviación; a través de la metodología del Ramp Metering. Lima.
- Cecilio Reyes, F.R. (2020). Impacto vial en la Intersección del Jr. Independencia con la Av. Alameda de la República generado por el Centro Comercial Real Plaza en la ciudad de Huánuco-2019. Huánuco.

- CEikoglu, A. I. (2017). Micro-Simulation Based Ramp Metering on Istanbul Freeways: An Evaluation Adopting ALINEA. IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, Proceedings. Estambul: ITSC.
- Cutipa Luque, J. P., & Lozano Laffore, E. (2020). Optimización del comportamiento operacional de una intersección tipo trébol aplicando semaforización inteligente con la metodología Ramp Metering. Lima.
- García, José Luis, & Vargas, Miguel Ángel. (2021). Control adaptativo de semáforos en intersecciones urbanas: Evaluación y propuestas de mejora. Universidad Nacional de Ingeniería – Lima.
- GESTIÓN. (13 de JUNIO de 2023). Cajamarca pierde más de S/ 100 millones al año por congestión vehicular. Obtenido de <https://gestion.pe/economia/aap-cajamarca-pierde-mas-de-s-100-millones-al-ano-por-congestion-vehicular-noticia/?ref=gesr>
- Goicochea Casas, E. P. (2019). Análisis del nivel de servicio y capacidad vehicular en la intersección semaforizada de la Avenida Vía de Evitamiento Norte y el Jr. Manuel Seoane, aplicando la metodología del HCM 2010 - Cajamarca. Cajamarca.
- Guzman Custodio, W. E., & Zevallos Silva, E. A. (2022). Optimización y sincronización de semáforos de la Av. Grau entre los tramos de la Av. Sullana y la Av. Gullman en la provincia de Piura. Piura.
- Lizarraga Mamani, C. M. (2024). Optimización del flujo vehicular en la intersección vial de la Av. Circunvalación Oeste con la Av. Jorge Chávez de la ciudad de Juliaca, 2023. Juliaca.

- Llanos Rimarachín, J. M. (2018). Análisis del nivel de servicio de las intersecciones semaforizadas con mayor afluencia de la Av. Hoyos Rubio. Cajamarca.
- López Esquivel, D. E. (2014). Diseño de un modelo de monitoreo para mejorar el flujo de tránsito vehicular a través de semáforos inteligentes en la ciudad de Trujillo. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo.
- Marín Vigo, H. (2021). Nivel de congestión vehicular en el centro histórico de la ciudad de Cajamarca (jirones Junín, José Sabogal, José Gálvez y Guillermo Urrelo) y propuestas de mejora, 2017. [Tesis de titulación, Universidad Privada del Norte]. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/item/d244bde5-924e-485d-9103-a8db28fb9b4d>
- Montagut Moreno, J. P., & Pineda Campo, B. A. (2019). Modelo de dinámica de sistemas sobre la congestión vehicular en el área metropolitana de Bucaramanga. Bucaramanga.
- Morales Huamán, M. L. & Pacovilca Love, C. A. (2023). Estimación de nivel de servicio para optimizar flujos vehiculares en la intersección de la Av. Francisco Bolognesi con Av. Guillermo Billinghurst – Tacna [Tesis de pregrado, Universidad Privada de Tacna]. Repositorio Institucional UPT. Disponible en <http://hdl.handle.net/20.500.12969/3390>
- Moya Aguad, J. F. (2023). Impacto del largo del ciclo semafórico en la operación del busesde transporte público. Santiago de Chile.
- Municipalidad Provincial de Cajamarca. (2014). Plan de desarrollo urbano de Cajamarca. Cajamarca: MPC.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (20 de Febrero de 2019).

Reglamento Nacional de Edificaciones. Obtenido de

[http://www.urbanistasperu.org/rne/pdf/Reglamento%20Nacional%20de%](http://www.urbanistasperu.org/rne/pdf/Reglamento%20Nacional%20de%20Edificaciones.pdf)

[20Edificaciones.pdf](http://www.urbanistasperu.org/rne/pdf/Reglamento%20Nacional%20de%20Edificaciones.pdf)

Ortiz Pachar, E. V. (2023). Estudio de tráfico y soluciones al congestionamiento

vehicular (Av. Paseo de los Cañaris y Cacique Chamba), de la ciudad de

Cuenca. [Trabajo de titulación, Universidad Politécnica Salesiana].

Obtenido de

[https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/25793/4/UPS-](https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/25793/4/UPS-CT010831.pdf)

[CT010831.pdf](https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/25793/4/UPS-CT010831.pdf)

Pérez, Luis Alberto. (2022). Optimización de semaforización mediante algoritmos

adaptativos en la ciudad de Arequipa. Universidad Nacional de San

Agustín – Arequipa.

Pina Pacheco, J. C., & Zúñiga López, G. M. (2017). *Análisis comparativo del*

sistema tradicional de semaforización vs una propuesta de

semaforización inteligente, para la reducción del congestionamiento

vehicular, en la ciudad de Guayaquil. Guayaquil: Universidad de

Guayaquil.

Rodríguez, Francisco Javier. (2021). Evaluación de control semafórico

adaptativo con sensores en Quito. Universidad Central del Ecuador –

Quito.

Rogelez Carvajal, F. J. (2012). Prototipo de un sistema de semaforización

inteligente en la ciudad de Bogotá para mejorar los tiempos de recorrido

del sistema trasmilenio. Bogotá: Universidad Piloto de Colombia.

- Romero Barrios, M. W. (2018). Análisis del nivel de servicio vehicular y modelamiento en el software Synchro Traffic 8.0. del Jr. Silva Santisteban de la ciudad de Cajamarca. Cajamarca.
- Silva Cachay, S. L. (2018). Nivel de servicialidad del jirón Dos de Mayo, de la ciudad de Celendín, Cajamarca. Cajamarca.
- Universidad Politécnica de Valencia. (27 de marzo de 2024). Blog de la UPV. Obtenido de <https://www.upv.es/noticias-upv/noticia-8839-ramp-meter-es.html>
- Torres, Daniel Andrés, & Ramírez, Patricia Elena. (2023). Impacto de sistemas semafóricos inteligentes en la movilidad urbana de Lima. Pontificia Universidad Católica del Perú – Lima.
- Silva, Rafael Augusto, & Andrade, Lucas Henrique. (2020). Coordinación inteligente de semáforos en corredores viales brasileños. Instituto de Tecnología de São Paulo – São Paulo.
- Vera Lina, F. J. (2012). Aplicabilidad de las metodologías del HCM 2000 y Synchro 7.0 para analizar intersecciones semaforizadas en Lima. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Viana Suberviola, E. (2017). Ciudad y transporte: transformación urbanística e impacto ambiental. *Biblio 3W, revista bibliográfica de geografía y ciencias sociales*, 18.

APÉNDICES Y ANEXOS

ANEXO 01

FLUJOGRAMAS DE INTERSECCIONES

Figura 74 Flujograma de direcciones - Intersección N° 1

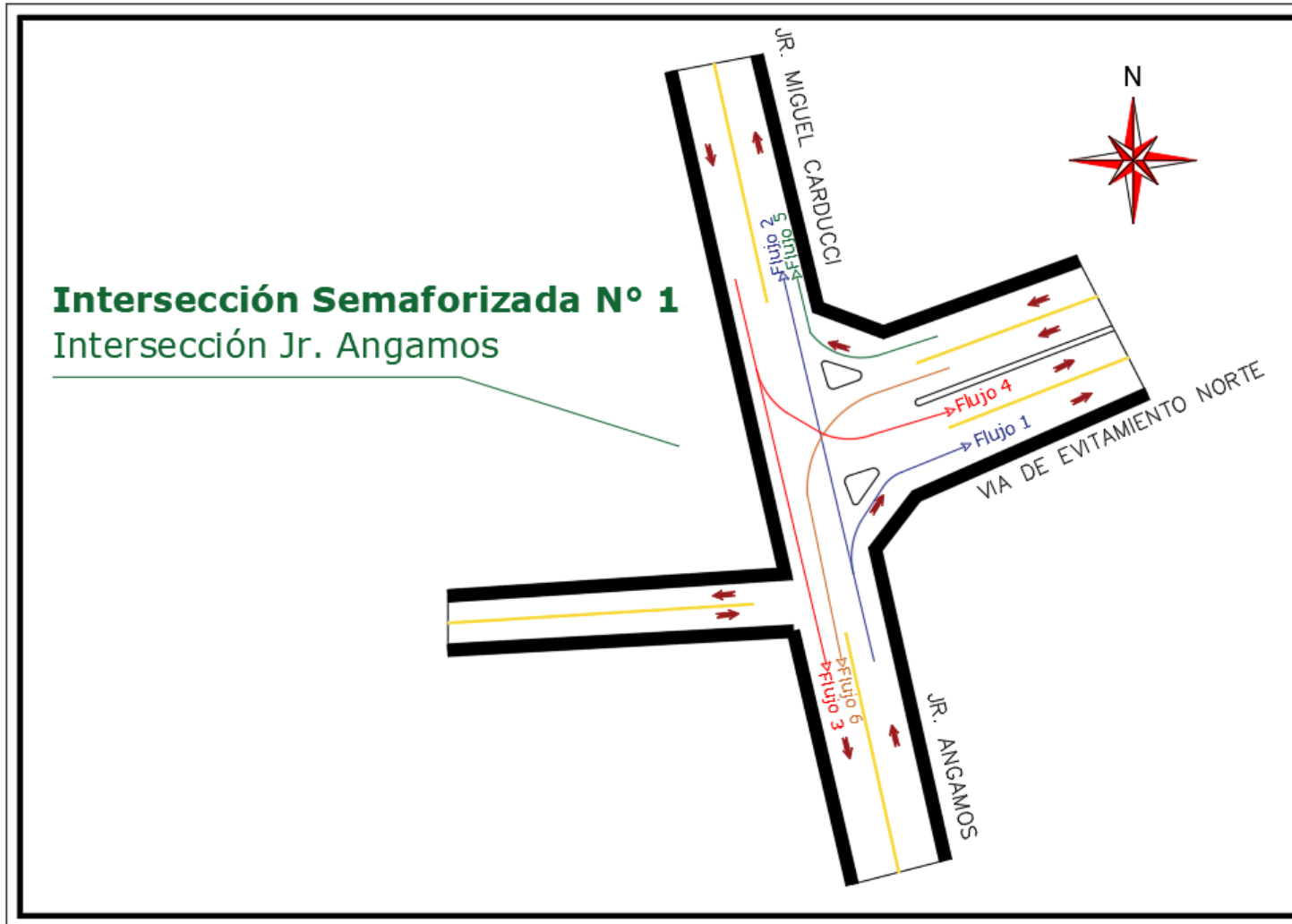


Figura 75 Flujograma de direcciones - Intersección N° 2

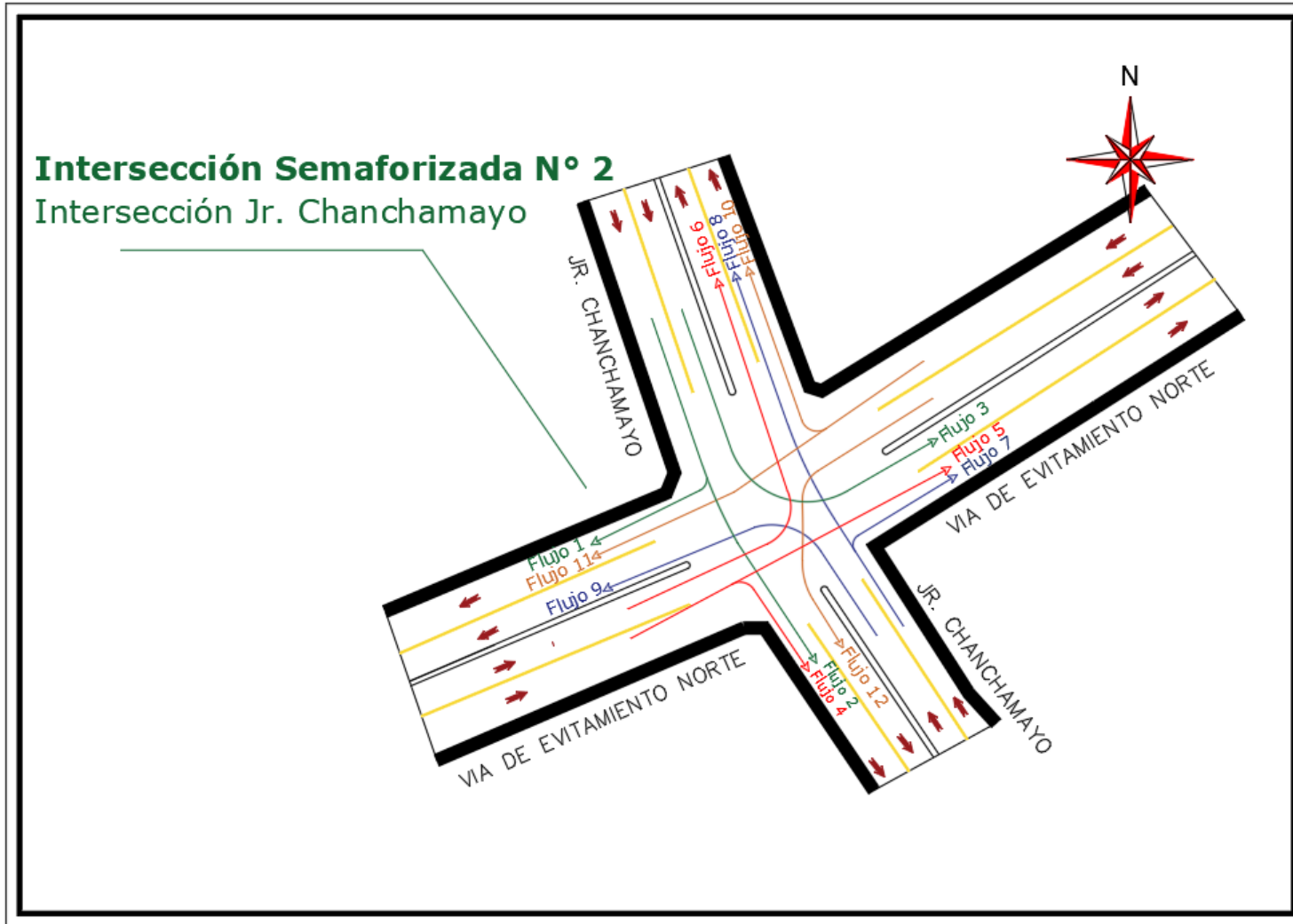


Figura 76 Flujograma de direcciones - Intersección N° 3



Figura 77 Flujograma de direcciones - Intersección N° 4

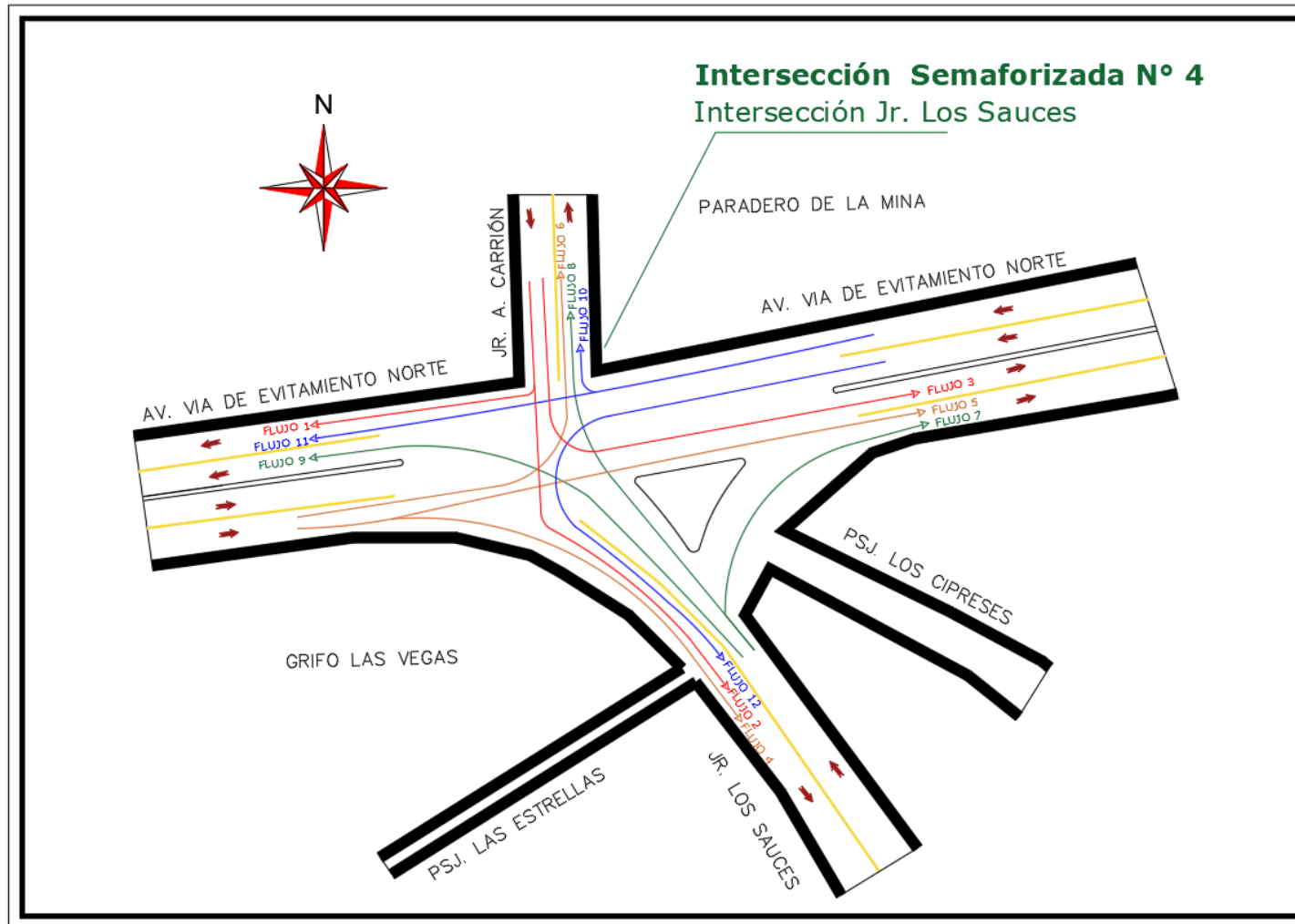


Figura 78 Flujograma de direcciones - Intersección N° 5

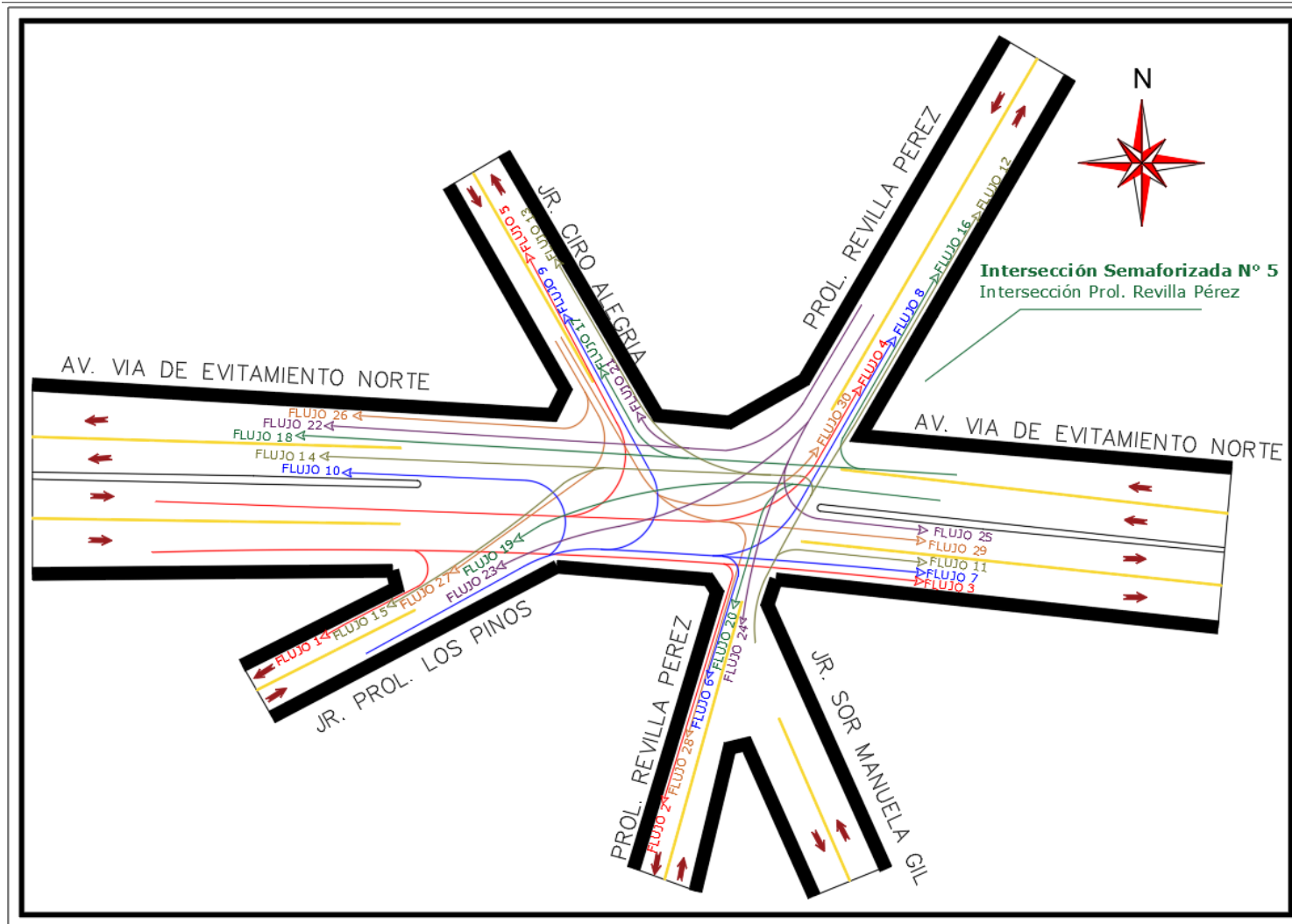


Figura 79 Flujograma de direcciones - Intersección N° 6

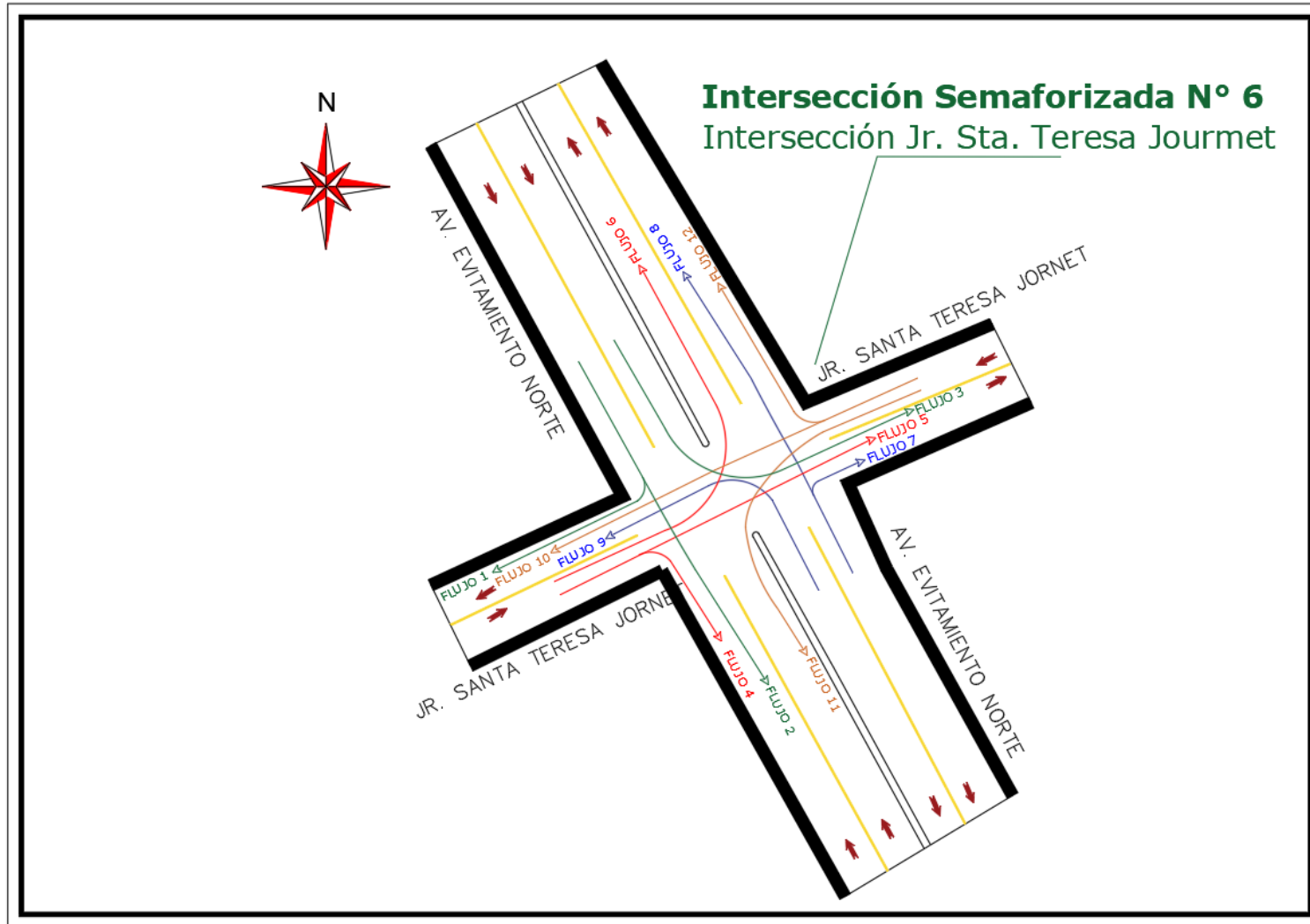


Figura 80 Flujograma de direcciones - Intersección N° 7

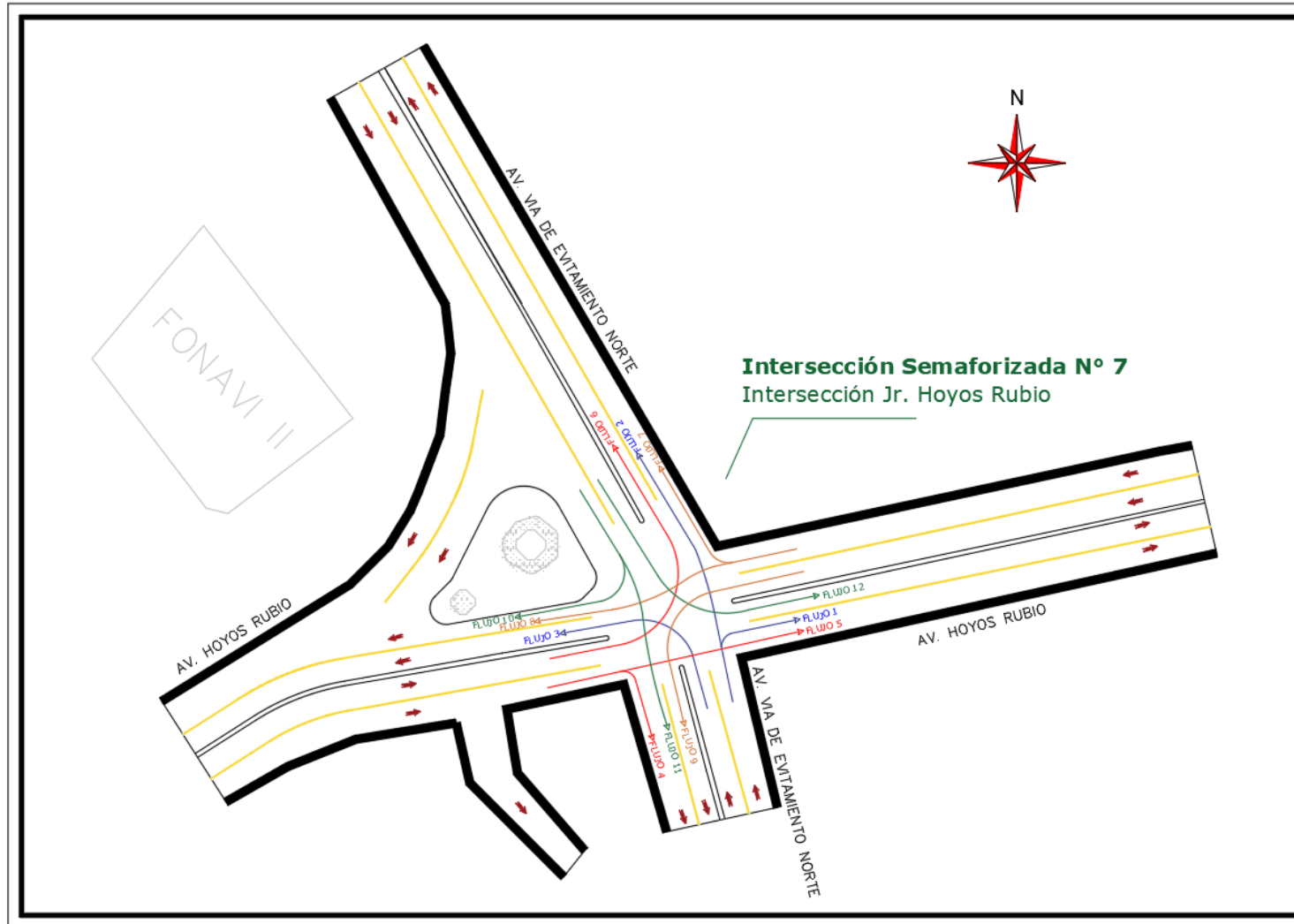


Figura 81 Flujograma de direcciones - Intersección N° 8

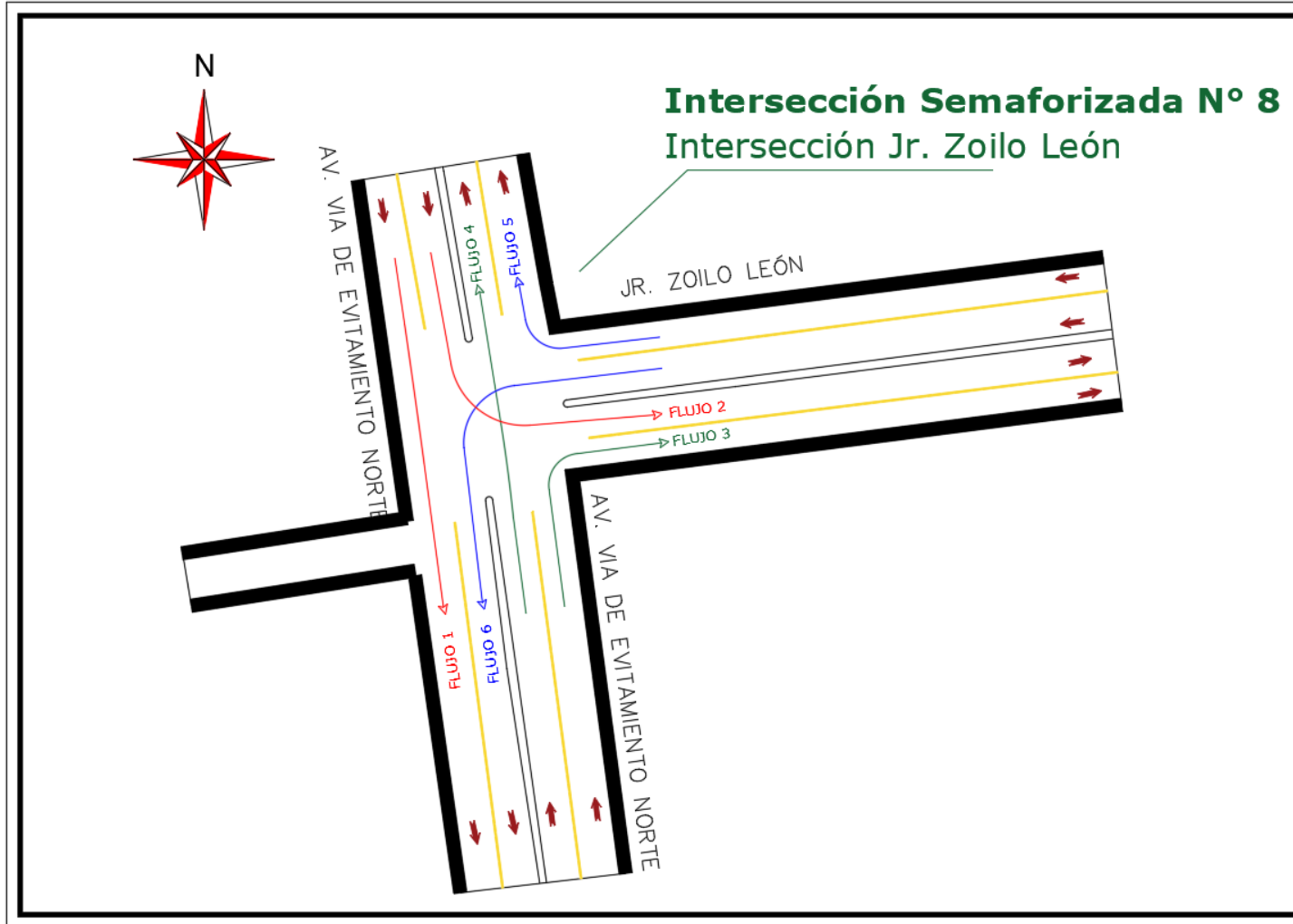


Figura 82 Flujograma de direcciones - Intersección N° 9

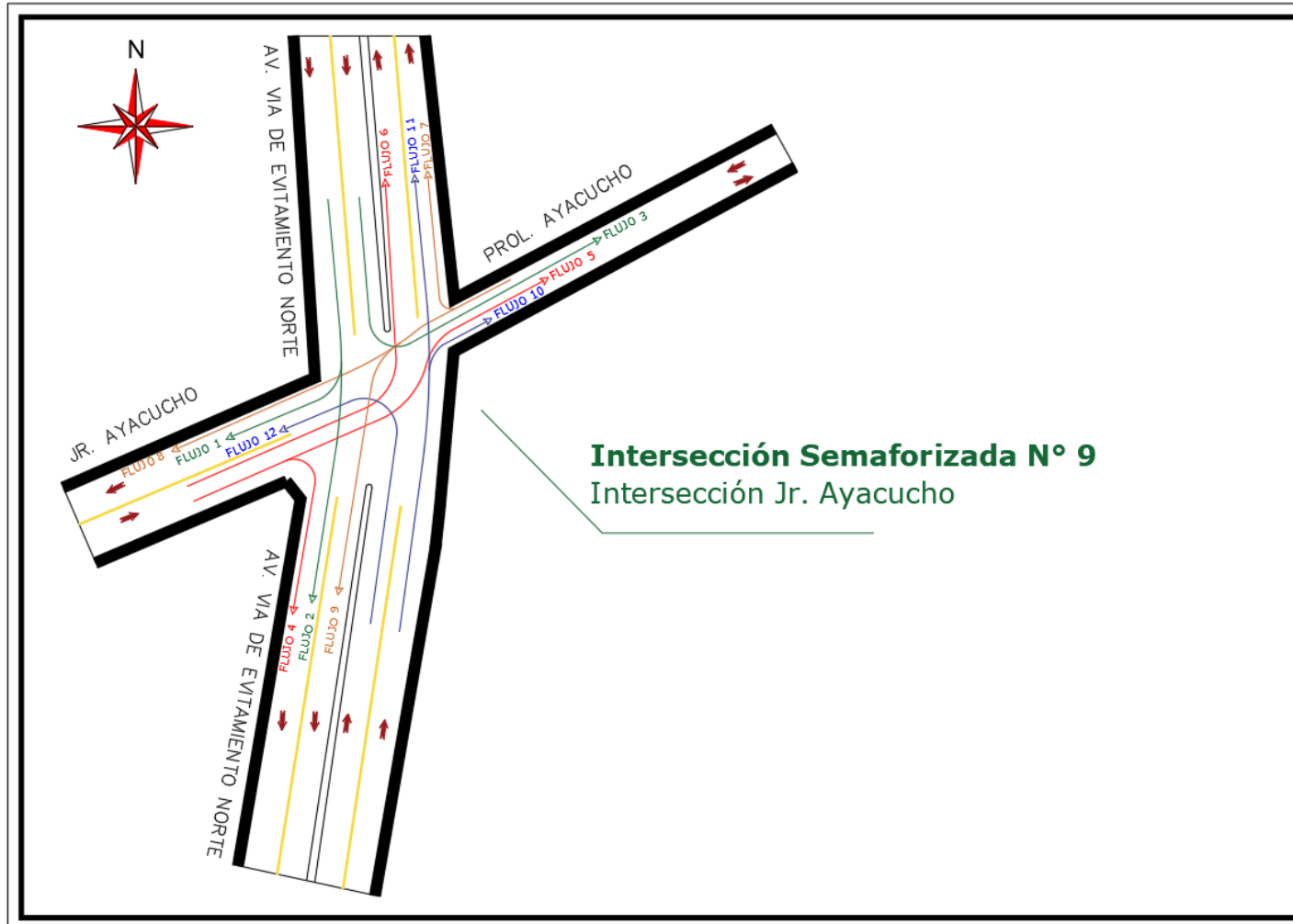


Figura 83 Flujograma de direcciones - Intersección N° 10

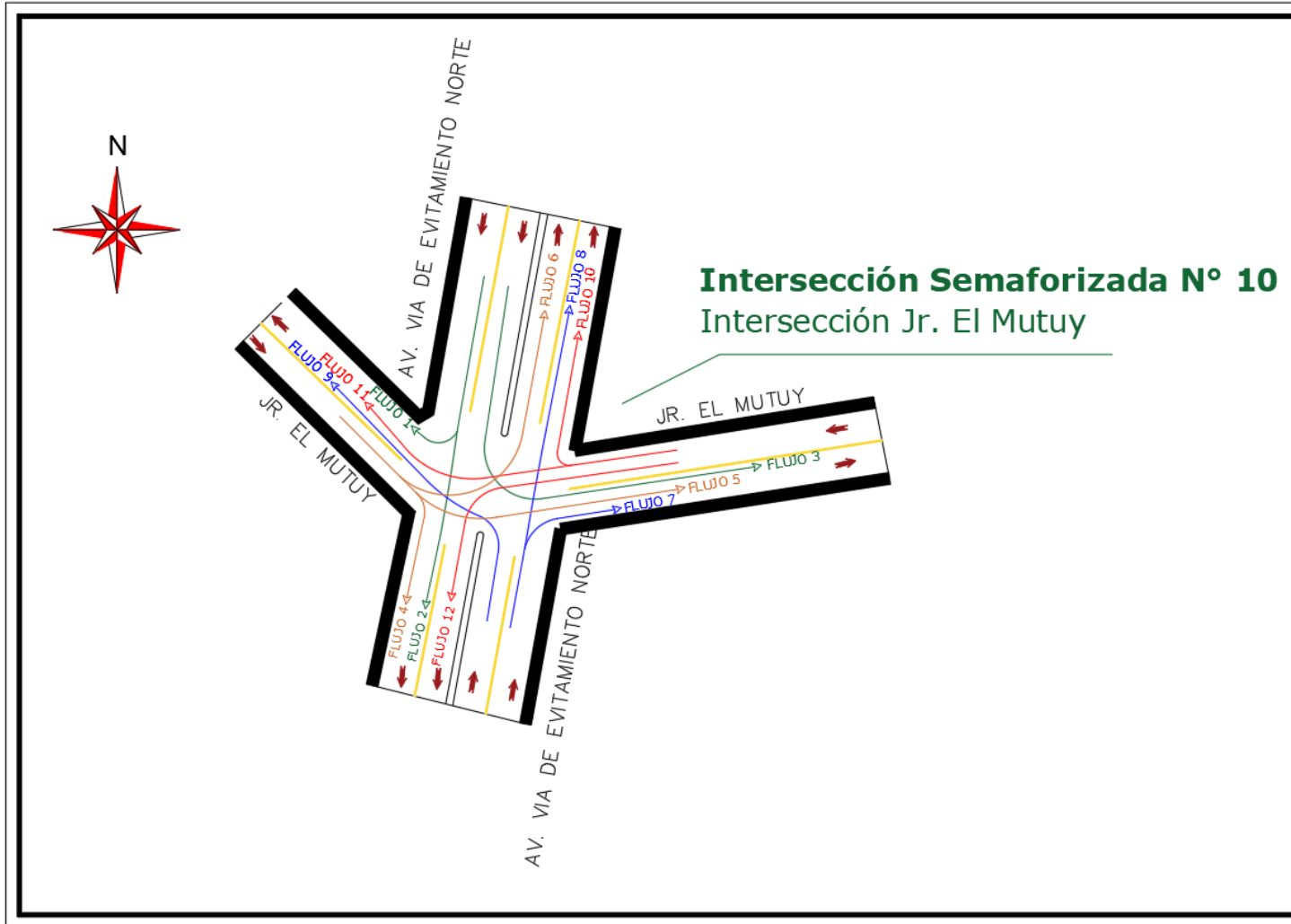


Figura 84 Flujograma de direcciones - Intersección N° 11

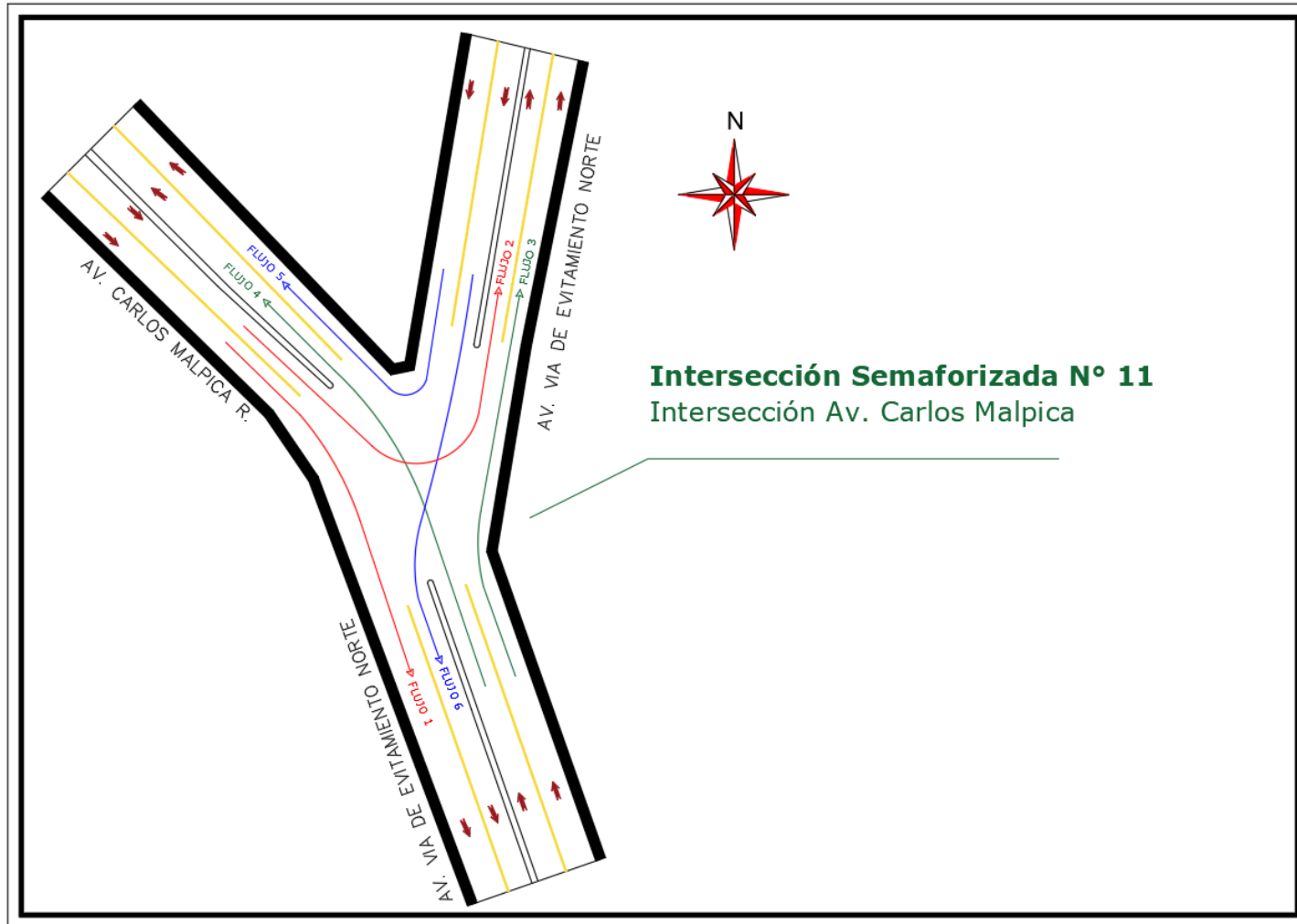


Figura 85 Flujograma de direcciones - Intersección N° 12

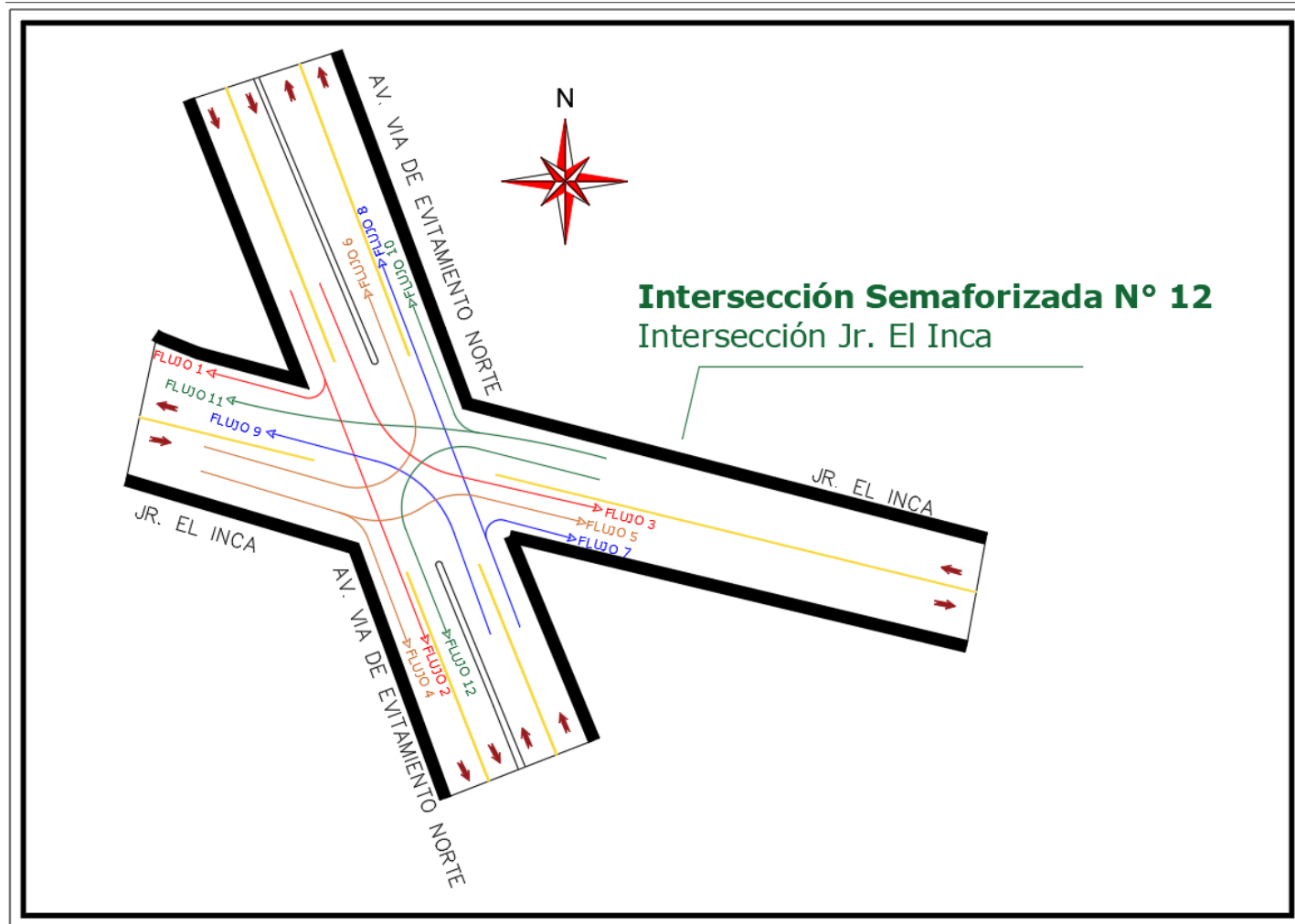
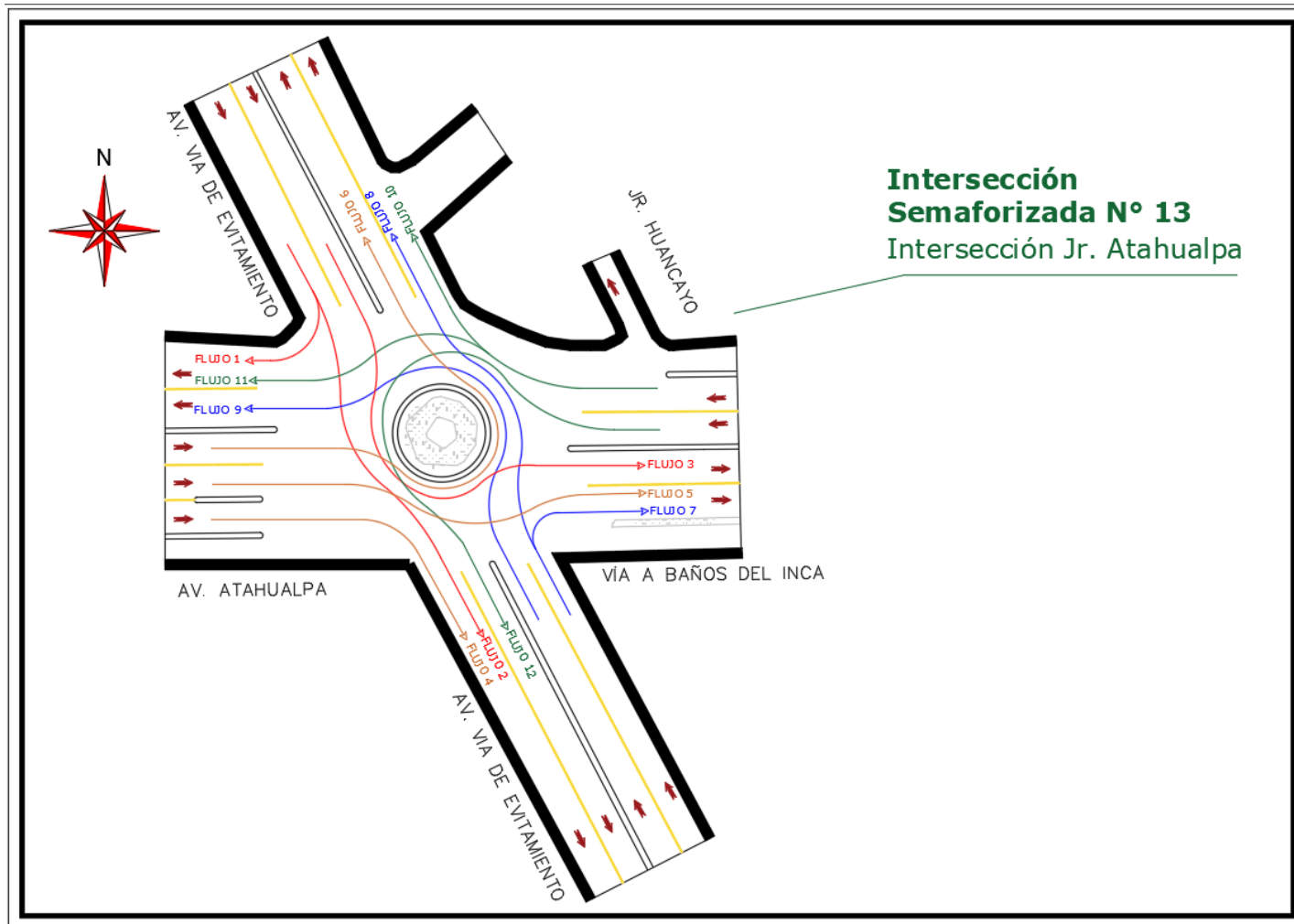


Figura 86 Flujograma de direcciones - Intersección N° 13



ANEXO 02

PANEL FOTOGRAFICO

Figura 87. Aforos vehiculares en el Jr. Angamos



Figura 88. Aforos vehiculares en la Rotonda Musical

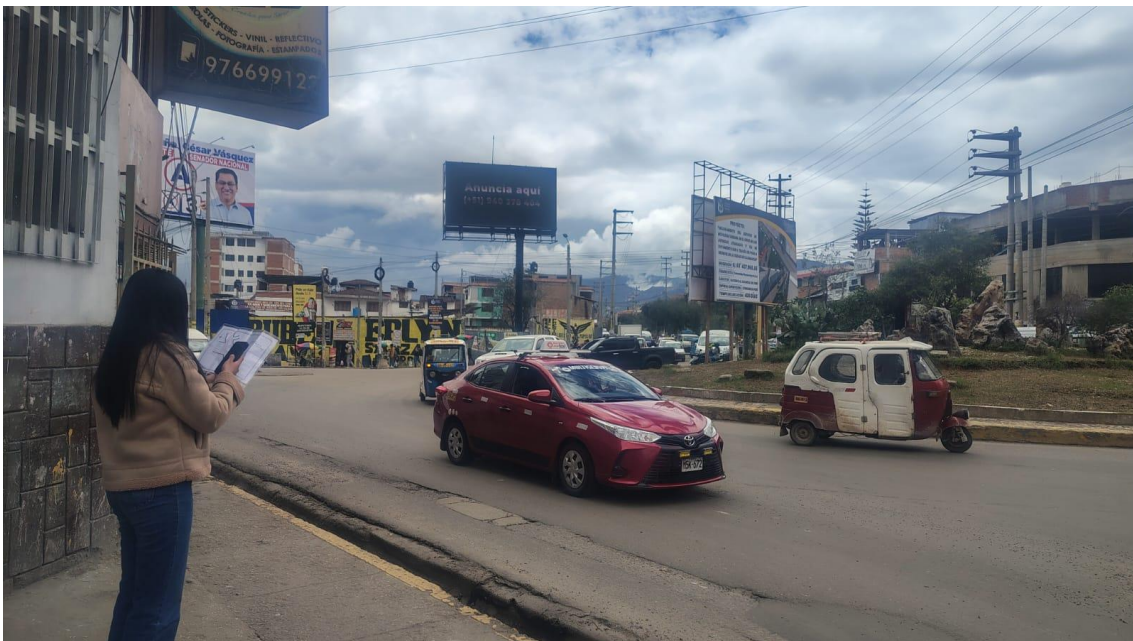


Figura 89. Aforos vehiculares en el Jr. Chanchamayo

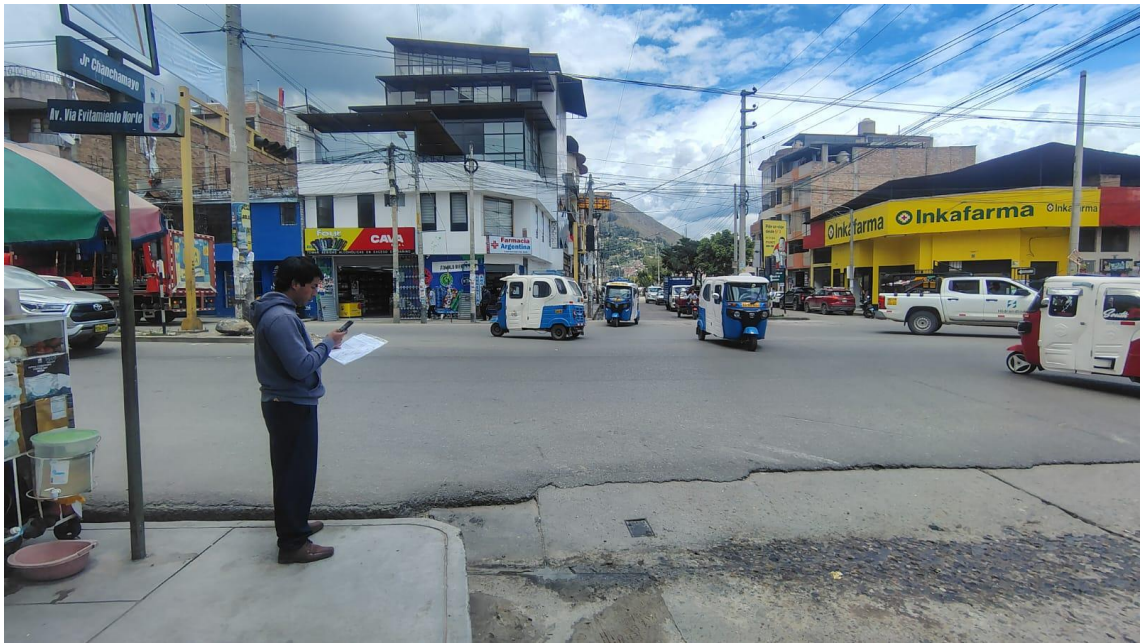


Figura 90. Aforos vehiculares en el Jr. El Mutuy



Figura 91. Aforos vehiculares en el Jr. Miguel Iglesias



Figura 92. Aforos vehiculares en el Jr. El Inca



Figura 93. Aforos vehiculares en Prol. Revilla Pérez



Figura 94. Aforos vehiculares en la Av. Carlos Malpica



Figura 95. Aforos vehiculares en el Jr. Sta Teresa de Jornet

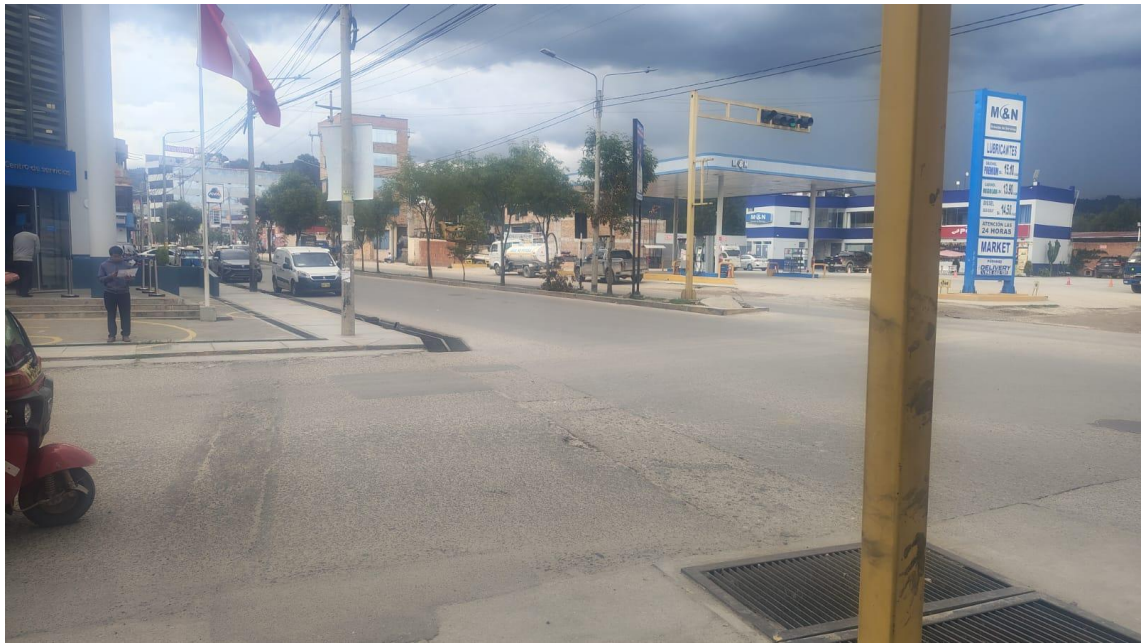


Figura 96. Aforos vehiculares en la Av. Hoyos Rubio



Figura 97. Aforos vehiculares en el Jr. Zoilo León



Figura 98. Aforos vehiculares en Jr. Ayacucho



Figura 99. Aforos vehiculares en Jr. El Mutuy



Figura 100. Aforos vehiculares en Jr. Angamos



ANEXO 03

HOJAS DE AFORO

INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA N°1 - GRUPO "LAS VEGAS" Hoja N° 2 - Día 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
7.15 - 7.30											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
7.30 - 7.45											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
7.45 - 8.00											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

TABLA DE AFOROS VEHICULARES (N° 02)

INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA RPA GRUPO "LAS VEGAS" Hoja 1 - Da 1
3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
8.00 - 8.15																							
8.15 - 8.30																							
8.30 - 8.45																							

TABLA DE AFOROS VEHICULARES (N° 03)

INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA N°4 - GRIFO "LAS VEGAS" Hoja 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
8.45 - 9.00											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
9.00 - 9.15											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
9.15 - 9.30											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

TABLA DE AFOROS VEHICULARES (N° 04)

INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA N°4 "GRIFO LAS VEGAS"

Hoja N° 6 - Del 6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
10.15 - 10.30											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
10.30 - 10.45											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
10.45 - 11.00											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

TABLA DE AFOROS VEHICULARES (N° 06)

INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA N° 4 "GRUPO LAS VEGAS"

Hojas 7 - 2a

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
11.00 - 11.15											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
11.15 - 11.30											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
11.30 - 11.45											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

TABLA DE AFOROS VEHICULARES (N° 07)

INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA N°4 "GRUPO LAS VEGAS" N°8 - Día 1
8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
11.45 - 12.00											
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12.00 - 12.15											
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12.15 - 12.30											
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

TABLA DE AFOROS VEHICULARES (N° 08)

INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA N°4 "GRUPO LAS VEGAS"

Hoja N° 10 - Día 10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
13.15 - 13.30											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
13.30 - 13.45											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
13.45 - 14.00											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

TABLA DE AFOROS VEHICULARES (N° 10)

INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA N°4 "CIRCO LAS VEGAS"

Hoja N° 13 - Pat

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
14.00 - 14.15											
14.15 - 14.30											
14.30 - 14.45											

TABLA DE AFOROS VEHICULARES (N° 11)

INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA N°4 "GRIFO LAS VEGAS"

Hoja N° 12 - Del

14.45 - 15.00		15.00 - 15.15		15.15 - 15.30	
1	2	1	2	1	2
1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1
11	1	1	1	1	1
12	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1
11	1	1	1	1	1
12	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1
11	1	1	1	1	1
12	1	1	1	1	1

TABLA DE AFOROS VEHICULARES (N° 12)

INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA N° 4 "GRIFO LAS VEGAS"

Hoja N° 13

15.30 - 15.45		15.45 - 16.00		16.00 - 16.15	
1	2	1	2	1	2
1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1
11	1	1	1	1	1
12	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1
11	1	1	1	1	1
12	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1
11	1	1	1	1	1
12	1	1	1	1	1

TABLA DE AFOROS VEHICULARES (N° 13)

INTERSECCION SEMAFORADA N° 4 - GRUPO "LAS VEGAS"

Hoja N° 15
Día 1

17.00 - 17.15		17.15 - 17.30		17.30 - 17.45	
1		1		1	
2		2		2	
3		3		3	
4		4		4	
5		5		5	
6		6		6	
7		7		7	
8		8		8	
9		9		9	
10		10		10	
11		11		11	
12		12		12	
1		1		1	
2		2		2	
3		3		3	
4		4		4	
5		5		5	
6		6		6	
7		7		7	
8		8		8	
9		9		9	
10		10		10	
11		11		11	
12		12		12	
1		1		1	
2		2		2	
3		3		3	
4		4		4	
5		5		5	
6		6		6	
7		7		7	
8		8		8	
9		9		9	
10		10		10	
11		11		11	
12		12		12	

TABLA DE AFOROS VEHICULARES (N° 15)

INTERSECCION SEMAFORADA N° 4 - GRIFO "LAS VEGAS"

Hoja N° 16
-Dni-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
17.45 - 18.00											
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
18.00 - 18.15											
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
18.15 - 18.30											
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

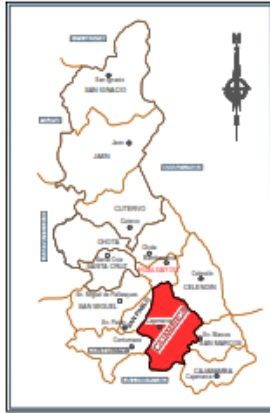
TABLA DE AFOROS VEHICULARES (N° 16)

ANEXO 04

PLANO DE UBICACIÓN



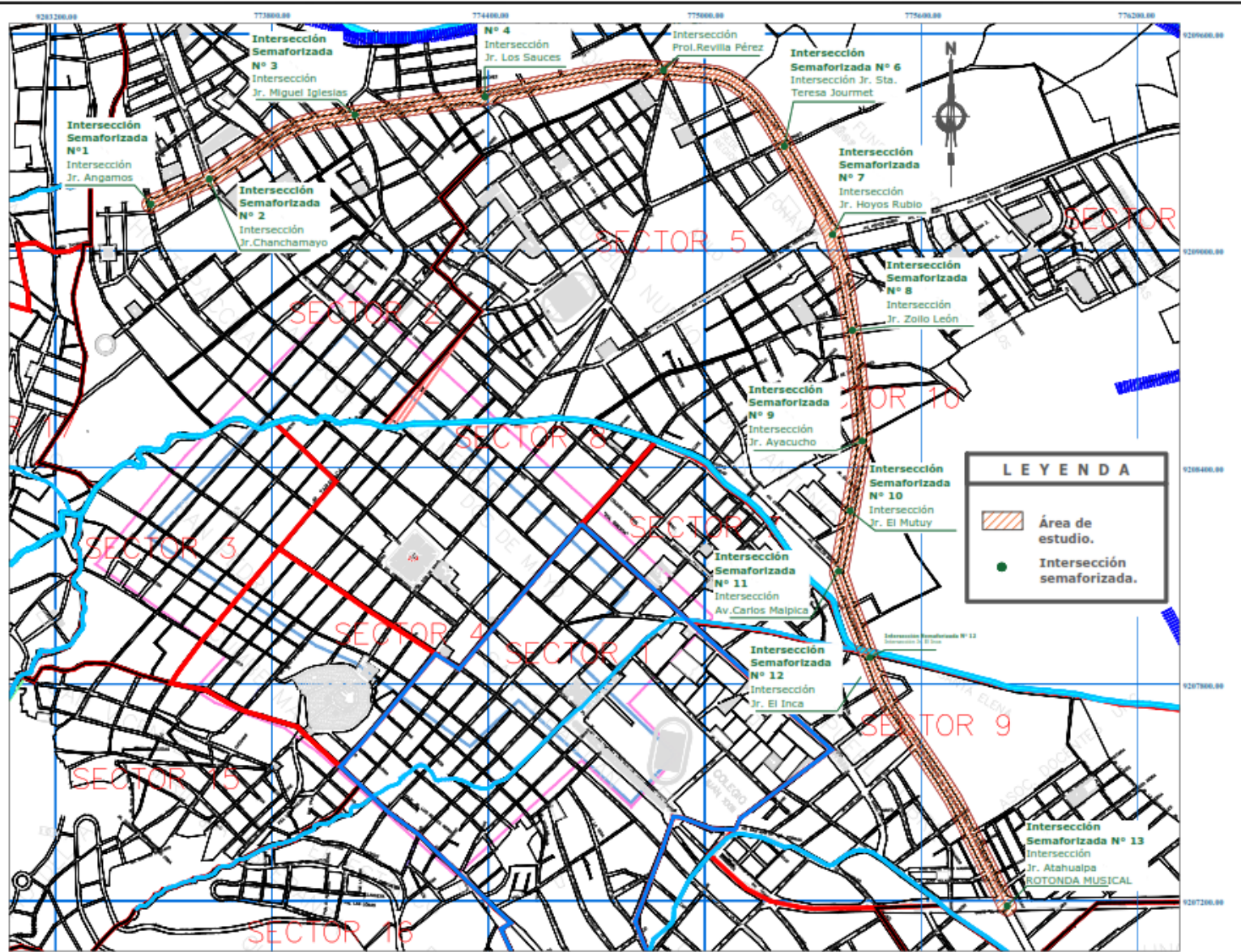
LOCALIZACIÓN NACIONAL



LOCALIZACIÓN DEPARTAMENTO

COORDENADAS UTM DE LAS INTERSECCIONES ESTUDIADAS EN LA VÍA DE EVITAMIENTO

Intersección en Estudio	Coordenadas UTM	
	ESTE	NORTE
1 Jr. Angamos	773462.8	9209129
2 Jr. Chanchamayo	773624.8	9209198
3 Jr. Miguel Iglesias	774027.7	9209378
4 Jr. Los Sauces	774375.4	9209428
5 Prol. Revilla Pérez	774896.7	9209500
6 Jr. Sta Teresa Joourm	775213.2	9209295
7 Jr. Hoyos Rubio	775357	9209048
8 Jr. Zoilo León	775407.8	9208781
9 Jr. Ayacucho	775436.3	9208477
10 Jr. El Mutuy	775403.4	9208274
11 Av. Carlos Malpica	775371.3	9208113
12 Jr. El Inca	775455.6	9207879
13 Jr. Atahualpa	775832.4	9207193



PLANO DE UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO
ESCALA: 1/7500

PLANO: UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN - ANEXO 01
 TESIS: EVALUACIÓN DINÁMICA DEL ESTADO DE LOS CICLOS SEMAFÓRICOS EMPLEANDO MÉTODOS PROBABILÍSTICOS DE LA VÍA DE EVITAMIENTO, TRAMO: LA ROTONDA MUSICAL - INTERSECCIÓN CON EL JIRÓN ANGAMOS - CIUDAD DE CAJAMARCA, 2019
 TESISISTA: Bach. Ing. Civil Arcad Roque Julca

CLAVE
U-01

