

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



“ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIABILIDAD DEL JIRÓN
AMALIA PUGA, DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA, 2018”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

LLANOS SANGAY, HÉCTOR LUÍS

ASESOR:

ING. ALEJANDRO CUBAS BECERRA

CAJAMARCA - PERÚ

2018

DEDICATORIA

A mis padres Gerardo y Norma, por ser mis guías y por su apoyo incondicional en todos los aspectos de mi vida, a mi hermosa hija Zoe Arleth, por ser mi mayor motivación en la vida, a mis hermanos, Cristhian, Gerardo Alberto y Ezmeralda, a mis abuelos Buenaventura Sangay y Olinda Ruitón †.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, mi mayor agradecimiento es para Dios, ya que sin su bendición no hubiera sido posible realizar este trabajo.

A mis padres, hermanos y familiares por brindarme todo su apoyo incondicional y estar presentes cuando más los necesito.

A mis profesores, compañeros y amigos que estuvieron presentes y me apoyaron continuamente durante el curso de mi carrera y en la elaboración de la presente investigación.

A mi asesor Ing. Alejandro Cubas Becerra por sus acertados y pertinentes aportes.

A los miembros del jurado, por sus aportes y consejos para realizar exitosamente ésta investigación.

A todos los que de alguna u otra forma me ayudaron a culminar mi formación profesional.

Héctor.

CONTENIDO

	Página
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
CONTENIDO.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT.....	xiv
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
1.5. ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.6. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.7. HIPÓTESIS GENERAL.....	3
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	4
A. ANTECEDENTES TEÓRICOS.....	4
1. Antecedentes Internacionales.....	4
2. Antecedentes Nacionales.....	4
3. Antecedentes Locales.....	5
B. BASES TEÓRICAS.....	6
1. CONDICIONES DE CIRCULACIÓN VEHICULAR.....	6
1.1. Circulación ininterrumpida.....	6
1.2. Circulación interrumpida o discontinua.....	6
1.3. Régimen libre.....	6
1.4. Régimen saturado.....	6
2. PARÁMETROS BÁSICOS DE FLUJO VEHICULAR.....	7
2.1. INTENSIDAD.....	7
2.1.1. Factor de hora punta.....	7
2.2. VOLUMEN Y FLUJO VEHICULAR.....	8
2.3. VELOCIDAD.....	9

3. CONCEPTOS DE CALIDAD Y NIVEL DE SERVICIO.....	10
3.1. CALIDAD DE SERVICIO.....	10
3.2. NIVEL DE SERVICIO.....	11
4. NIVEL DE SERVICIO EN SEGMENTOS DE CALLES URBANAS.....	11
4.1. CRITERIOS PARA EVALUAR EL NIVEL DE SERVICIO EN SEGMENTOS URBANOS.....	11
4.1.1. CONSIDERACIONES GENERALES.....	11
4.1.1.1. Límites de análisis.....	12
4.1.1.2. Período de análisis.....	12
4.1.2. DEFINICIÓN DE SEGMENTO DE CALLE URBANA.....	12
4.1.2.1. Puntos y segmentos.....	13
4.1.2.2. Consideraciones en la longitud del segmento.....	13
4.1.3. NIVELES DE SERVICIO EN CALLES URBANAS.....	14
4.1.4. DATOS DE ENTRADA.....	16
4.2. PASOS DE ANÁLISIS PARA EVALUAR SEGMENTOS URBANOS.....	16
4.2.1. Paso 1: Elementos de entrada.....	17
4.2.2. Paso 2: Determinar el tiempo en movimiento.....	17
4.2.3. Paso 3: Determinar la demora a través del segmento.....	27
4.2.4. Paso 4: Determinar la velocidad de viaje.....	27
4.2.5. Paso 5: Determinar el nivel de servicio del segmento.....	28
5. NIVEL DE SERVICIO EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS.....	28
5.1. CRITERIOS PARA EVALUAR EL NIVEL DE SERVICIO EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS.....	28
5.1.1. CONSIDERACIONES GENERALES.....	28
5.1.2. DEFINICIONES BÁSICAS EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS.....	28
5.1.3. CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN.....	31
5.1.4. NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN.....	31
5.1.5. LIMITACIONES DE LA METODOLOGÍA.....	32
5.1.6. PARÁMETROS DE ENTRADA.....	32
5.2. PASOS DE ANÁLISIS PARA EVALUAR INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS.....	33
5.2.1. Paso 1: Determinar grupos de movimientos y grupos de carriles.....	33
5.2.2. Paso 2: Determinación de la tasa de flujo para cada grupo de movimiento.....	33

5.2.3. Paso 3: Determinación de la tasa de flujo para cada grupo de carril.....	34
5.2.4. Paso 4: Determinación de la tasa de flujo de saturación ajustada.....	34
5.2.5. Paso 5: Determinar la proporción que llegan durante la fase verde.....	41
5.2.6. Paso 6: Determinar la duración de la fase de semáforo.....	42
5.2.7. Paso 7: Determinación de la capacidad y la razón de volumen-capacidad.....	42
5.2.8. Paso 8: Determinar demoras.....	44
5.2.9. Paso 9. Determinar el nivel de servicio.....	47
5.3. ANÁLISIS POR EL MODO PEATÓN EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS.....	47
5.3.1. Paso 1: Determinar el área de circulación de la esquina de la calle.....	47
5.3.2. Paso 2: Determinar el área de circulación del paso de peatones.....	49
5.3.3. Paso 3: Determinar el retraso del peatón.....	51
5.3.4. Paso 4: Determinar la puntuación de nivel de servicio para peatones en la intersección.....	51
5.3.5. Paso 5: Determinar el nivel de servicio.....	52
6. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	53
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS.....	55
1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	55
2. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO.....	55
2.1. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA VÍA.....	56
2.1.1. NIVELACIÓN DEL EJE DE LA VÍA.....	56
2.1.2. SECCIONES TRANSVERSALES TÍPICAS.....	57
2.1.3. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LAS INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS.....	59
2.2. ANÁLISIS DE FLUJO VEHICULAR.....	59
2.2.1. AFORO VEHICULAR.....	59
2.2.1.1. Intersección entre Jr. Amalia Puga y Jr. Urrelo.....	59
2.2.1.2. Intersección entre Jr. Amalia Puga y Jr. Dos de Mayo.....	66
2.2.1.3. Intersección entre Jr. Amalia Puga y Jr. José Gálvez.....	72
2.2.2. VARIACIÓN DEL VOLUMEN DE TRÁNSITO EN LA HORA PUNTA.....	78
2.2.2.1. Intersección entre Jr. Amalia Puga con Jr. Urrelo.....	78
2.2.2.2. Intersección entre Jr. Amalia Puga con Jr. Dos de Mayo.....	86
2.2.2.3. Intersección entre Jr. Amalia Puga con Jr. José Gálvez.....	94

2.3. ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIO DE LAS INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS CON LA METODOLOGÍA DEL HCM 2010.....	102
2.3.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS INTERSECCIONES EN ESTUDIO.....	102
2.3.2. PARÁMETROS DE ENTRADA.....	103
2.3.2.1. Condiciones geométricas.....	103
2.3.2.2. Condiciones de tráfico.....	105
2.3.2.3. Condiciones de señalización.....	107
2.3.2.4. Resumen parámetros de entrada.....	112
2.3.3. APLICACIÓN METODOLOGÍA HCM 2010 PARA DETERMINAR EL NIVEL DE SERVICIO.....	115
2.3.3.1. PASO 1: Determinación de los grupos de movimientos y grupos de carriles.....	115
2.3.3.2. PASO 2: Determinación de la tasa de flujo para cada grupo de movimiento.....	117
2.3.3.3. PASO 3: Determinación de la tasa de flujo para cada grupo de carriles.....	118
2.3.3.4. PASO 4: Determinación de la tasa de flujo de saturación ajustada.....	119
2.3.3.5. PASO 5: Determinación de la proporción de vehículos que llegan durante la fase verde.....	128
2.3.3.6. PASO 6: Determinación de la duración de fase del semáforo.....	129
2.3.3.7. PASO 7: Determinación de la capacidad y la relación de volumen y capacidad...	130
2.3.3.8. PASO 8: Determinación de las demoras y el nivel de servicio.....	131
2.3.4. ANÁLISIS PEATONAL DE LA INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA N° 01....	134
2.3.4.1. CARACTERÍSTICAS DE LA INTERSECCIÓN.....	134
2.3.4.2. PASOS PARA DETERMINAR EL NIVEL DE SERVICIO DEL CRUCE PEATONAL.....	136
2.3.4.2.1. PASO 1: Determinar el área de circulación de la esquina de la calle.....	136
2.3.4.2.2. PASO 2: Determinar el área de circulación del paso de peatones.....	138
2.3.4.2.3. PASO 3: Determinar el retraso del peatón.....	140
2.3.4.2.4. PASO 4: Determinar la puntuación de nivel de servicio para peatones en la intersección.....	140
2.3.4.2.5. PASO 5: Determinar el nivel de servicio.....	141
2.4. ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIO DE UN SEGMENTO VIAL URBANO CON LA METODOLOGÍA DEL HCM 2010.....	141
2.4.1. MEDICIONES DE TRÁNSITO.....	142

2.4.2. DESCRIPCIÓN DEL SEGMENTO DE ESTUDIO.....	143
2.4.3. DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO DEL SEGMENTO.....	145
2.4.3.1. Paso 1: Elementos de entrada.....	145
2.4.3.2. Paso 2: Determinar el tiempo en movimiento.....	146
2.4.3.3. Paso 3: Cálculo de la demora a través del segmento, d_t	152
2.4.3.4. Paso 4: Determinar la velocidad de viaje.....	152
2.4.3.5. Paso 5: Determinar el nivel de servicio.....	153
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	154
4.1. RESULTADOS DEL VOLUMEN DE TRÁNSITO Y LA COMPOSICIÓN VEHICULAR	154
4.1.1. VOLUMEN DE TRÁNSITO.....	154
4.1.2. FACTOR DE HORA PUNTA.....	155
4.1.3. COMPOSICIÓN VEHICULAR.....	156
4.2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS...	157
4.2.1. RESULTADOS DE LA TASA DE FLUJO DE SATURACIÓN AJUSTADA.....	157
4.2.2. RESULTADOS DE LA CAPACIDAD.....	158
4.2.3. RESULTADOS DEL NIVEL DE SERVICIO.....	159
4.2.4. RESULTADOS DEL ANÁLISIS PEATONAL.....	160
4.3. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DEL SEGMENTO VÍAL URBANO.....	161
4.4. CONTRASTACIÓN CON LA HIPÓTESIS.....	163
4.5. PROPUESTAS DE SOLUCIÓN.....	163
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	166
5.1. CONCLUSIONES.....	166
5.2. RECOMENDACIONES.....	167
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	168
ANEXOS.....	173

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°01: Criterios para determinar el nivel de servicio	15
Tabla N°02: Elementos de entrada para determinar el nivel de servicio.....	16
Tabla N°03: Factor de ajuste para sección transversal.....	19
Tabla N°04: Factor de ajuste para puntos de acceso	19
Tabla N°05: Demoras debido al giro de vehículos	25
Tabla N°06: Demora del tráfico según el nivel de servicio	32
Tabla N°07: Parámetros de entrada requeridos para el análisis operacional	32
Tabla N°08: Grupos de carriles comunes para el análisis	33
Tabla N°09: Valores del factor de ajuste por ancho de carril	35
Tabla N°10: Valores del factor de ajuste por giros a la derecha	38
Tabla N°11: Valores del factor de ajuste por giros a la izquierda	38
Tabla N° 12: Relación entre tipo de llegada y relación de pelotón.....	41
Tabla N°13: Nivel de servicio de cruce peatonal	52
Tabla N°14: Coordenadas de los extremos del Jr. Amalia Puga.....	55
Tabla N° 15: Progresivas y cotas de los tramos analizados.....	56
Tabla N° 16: Secciones típicas del tramo N° 01.....	57
Tabla N° 17: Secciones típicas del tramo N° 02.....	58
Tabla N°18: Aforo vehicular del Jr. A. Puga en la intersección con Jr. Urrelo.....	60
Tabla N°19. Resumen de aforo vehicular Jr. A. Puga con Jr. Urrelo	64
Tabla N°20: Porcentaje de vehículos livianos y pesados Jr. A. Puga y Jr. Urrelo.....	65
Tabla N°21: Aforo vehicular del Jr. A. Puga en la intersección con Jr. Dos de Mayo....	66
Tabla N°22: Resumen de aforo vehicular Jr. A. Puga con Jr. Dos de Mayo.....	70
Tabla N°23: Porcentaje de vehículos livianos y pesados Jr. A. Puga y Jr. 2 de Mayo....	71
Tabla N°24: Aforo vehicular del Jr. A. Puga en la intersección con Jr. José Gálvez.....	72
Tabla N°25: Resumen de aforo vehicular Jr. A. Puga con Jr. José Gálvez.....	76
Tabla N°26: Porcentaje de vehículos livianos y pesados Jr. A. Puga y Jr. José Gálvez...	77
Tabla N°27: Flujo vehicular en intervalos de 5, 10, 15 minutos del Jr. Amalia Puga en la intersección con Jr. Urrelo	78
Tabla N° 28: Flujo vehicular en la hora punta del Jr. Amalia Puga en la intersección con Jr. Urrelo.....	85

Tabla N°29: Flujo vehicular en intervalos de 5, 10, 15 minutos del Jr. Amalia Puga en la intersección con Jr. Dos de Mayo.....	86
Tabla N°30: Flujo vehicular en la hora punta del Jr. Amalia Puga en la intersección con Jr. Dos de Mayo.....	93
Tabla N°31: Flujo vehicular en intervalos de 5, 10, 15 minutos del Jr. Amalia Puga en la intersección con Jr. José Gálvez.....	94
Tabla N°32: Flujo vehicular en la hora punta del Jr. Amalia Puga en la intersección con Jr. José Gálvez.....	101
Tabla N°33: Aforo vehicular en la hora punta de la intersección semaforizada N° 01: Jr. Amalia Puga y Jr. Urrelo.....	105
Tabla N°34: Aforo vehicular en la hora punta de la intersección semaforizada N° 02: Jr. Amalia Puga y Jr. Dos de Mayo.....	106
Tabla N°35: Volumen de tráfico en la hora punta en la intersección N° 01.....	107
Tabla N°36: Volumen de tráfico en la hora punta en la intersección N° 02.....	107
TablaN°37: Volumen de peatones y ciclistas en la intersección N° 01.....	107
Tabla N°38: Volumen de peatones y ciclistas en la intersección N° 02.....	108
Tabla N° 39: Parámetros del ciclo semafórico de la intersección N° 01.....	111
Tabla N° 40: Parámetros del ciclo semafórico de la intersección N° 02.....	111
Tabla N°41: Resumen parámetros de entrada en la intersección N° 01.....	113
Tabla N°42: Resumen parámetros de entrada en la intersección N° 02.....	114
Tabla N° 43: Tasa de flujo de los grupos de movimientos en la intersección N° 01.....	117
Tabla N° 44: Tasa de flujo en los grupos de movimientos en la intersección N° 02.....	118
Tabla N° 45: Tasa de flujo en los grupos de carriles en la intersección N° 01.....	118
Tabla N° 46: Tasa de flujo en los grupos de carriles en la intersección N° 02.....	118
Tabla N° 47: Factor de ajuste por ancho de carriles en la intersección N° 01.....	119
Tabla N° 48: Factor de ajuste por ancho de carriles en la intersección N° 02.....	119
Tabla N° 49: Factor de ajuste por vehículos pesados en la intersección N° 01.....	120
Tabla N° 50: Factor de ajuste por vehículos pesados en la intersección N° 02.....	120
Tabla N° 51: Factor de ajuste por pendiente en la intersección N° 01.....	120
Tabla N° 52: Factor de ajuste por pendiente en la intersección N° 02.....	121
Tabla N° 53: Factor de ajuste por maniobras de estacionamiento en la intersección N° 01.....	121

Tabla N° 54: Factor de ajuste por maniobras de estacionamiento en la intersección N° 02.....	121
Tabla N° 55: Factor de ajuste por bloqueo de buses en la intersección N° 01.....	122
Tabla N° 56: Factor de ajuste por bloqueo de buses en la intersección N° 02.....	122
Tabla N° 57: Factor de ajuste por tipo de área en la intersección N° 01.....	122
Tabla N° 58: Factor de ajuste por tipo de área en la intersección N° 02.....	123
Tabla N° 59: Factor de ajuste por utilización de carril en la intersección N° 01.....	123
Tabla N° 60: Factor de ajuste por utilización de carril en la intersección N° 02.....	123
Tabla N° 61: Factor de ajuste por giros a la derecha en la intersección N° 01.....	124
Tabla N° 62: Factor de ajuste por giros a la derecha en la intersección N° 02.....	124
Tabla N° 63: Factor de ajuste por giros a la izquierda en la intersección N° 01.....	124
Tabla N° 64: Factor de ajuste por giros a la izquierda en la intersección N° 02.....	124
Tabla N° 65: Factor de ajuste por giros a la derecha de peatones y ciclistas en la intersección N° 01.....	125
Tabla N° 66: Factor de ajuste por giros a la derecha de peatones y ciclistas en la intersección N° 02.....	126
Tabla N° 67: Factor de ajuste por giros a la izquierda de peatones y ciclistas en la intersección N° 01.....	126
Tabla N° 68: Factor de ajuste por giros a la izquierda de peatones y ciclistas en la intersección N° 02.....	127
Tabla N° 69: Cálculo del flujo de saturación ajustada en la intersección N° 01.....	127
Tabla N° 70: Cálculo del flujo de saturación ajustada en la intersección N° 02.....	128
Tabla N° 71: Proporción de vehículos que llegan en verde, de la intersección N° 01....	129
Tabla N° 72: Proporción de vehículos que llegan en verde, de la intersección N° 02....	129
Tabla N° 73: Cálculo de la capacidad, relación v/C, y grado de saturación en la intersección N° 01.....	130
Tabla N° 74: Cálculo de la capacidad, relación v/C, y grado de saturación en la intersección N° 02.....	131
Tabla N° 75: Cálculo de las demoras y el nivel de servicio en la intersección N° 01....	132
Tabla N° 76: Cálculo de las demoras y el nivel de servicio en la intersección N° 02....	133
Tabla N°77: Descripción del segmento de estudio.....	143
Tabla N°78: Dimensiones de secciones típicas del segmento de estudio.....	145

Tabla N°79: Parámetros de entrada del segmento de estudio.....	145
Tabla N°80: Porcentaje vehicular afectado por maniobras de estacionamiento.....	152
Tabla N°81: Ubicación de puntos de aforo vehicular.....	154
Tabla N°82: Resumen del flujo vehicular en los puntos de aforo.....	154
Tabla N°83: Factor de hora punta de cada uno de los puntos de aforo vehicular.....	156
Tabla N°84: Ubicación de las intersecciones semaforizadas.....	157
Tabla N°85: Resumen del flujo de saturación ajustada en la intersección N° 01.....	157
Tabla N°86: Resumen del flujo de saturación ajustada en la intersección N° 02.....	158
Tabla N°87: Resumen capacidad y relación v/C de las intersecciones analizadas.....	159
Tabla N°88: Resumen de demoras y nivel de Servicio de las intersecciones analizadas.....	160
Tabla N°89: Resumen de parámetros y nivel de servicio del segmento analizado.....	162
Tabla N°90: Comparativa de resultados al tomar la medida restrictiva en las intersecciones.....	164
Tabla N°91: Comparativa de resultados al tomar la medida restrictiva en el segmento vial analizado.....	165

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°01: Límites de análisis en el segmento	12
Figura N°02: Segmento de estudio y sus puntos límites.....	13
Figura N°03: Tipos de movimientos en una intersección.....	30
Figura N°04: Vista en planta del Jr. Amalia Puga.....	55
Figura N°05: Participación del tránsito según el tipo de vehículo: Jr. A. Puga y Jr. Urrelo.....	64
Figura N°06: Participación del tránsito según el tipo de vehículo: Jr. A. Puga y Jr. 2 de Mayo.....	70
Figura N°07: Participación del tránsito según el tipo de vehículo: Jr. A. Puga y Jr. José Gálvez.....	76
Figura N°08: Variación del volumen de tránsito en la hora punta cada 5 min del Jr. A. Puga en la intersección con Jr. Urrelo.....	82
Figura N°09: Variación del volumen de tránsito en la hora punta cada 10 min del Jr. A. Puga en la intersección con Jr. Urrelo.....	83
Figura N°10: Variación del volumen de tránsito en la hora punta cada 15 min del Jr. A. Puga en la intersección con Jr. Urrelo.....	84
Figura N°11: Variación del volumen de tránsito en la hora punta cada 5 min del Jr. A. Puga en la intersección con Jr. 2 de Mayo.....	90
Figura N°12: Variación del volumen de tránsito en la hora punta cada 10 min del Jr. A. Puga en la intersección con Jr. 2 de Mayo.....	91
Figura N°13: Variación del volumen de tránsito en la hora punta cada 15 min del Jr. A. Puga en la intersección con Jr. 2 de Mayo.....	92
Figura N°14: Variación del volumen de tránsito en la hora punta cada 5 min del Jr. A. Puga en la intersección con Jr. José Gálvez.....	98
Figura N°15: Variación del volumen de tránsito en la hora punta cada 10 min del Jr. A. Puga en la intersección con Jr. José Gálvez.....	99
Figura N°16: Variación del volumen de tránsito en la hora punta cada 15 min del Jr. A. Puga en la intersección con Jr. José Gálvez.....	100
Figura N°17: Ubicación de las intersecciones semaforizadas de estudio.....	103
Figura N°18: intersección semaforizada N° 01: Jr. Amalia Puga y Jr. Urrelo.....	104
Figura N°19: intersección semaforizada N° 02: Jr. Amalia Puga y Jr. Dos de Mayo.....	104
Figura N°20: Dimensiones de cruces peatonales en la intersección semaforizada N° 01.	108

Figura N° 21: Dimensiones de cruces peatonales en intersección semaforizada N° 02....	109
Figura N°22: Reglaje semafórico de la intersección semaforizada N° 01.....	110
Figura N°23: Reglaje semafórico de la intersección semaforizada N° 02.....	110
Figura N°24: Grupos de movimientos en la intersección semaforizada N° 01.....	115
Figura N°25: Grupos de movimientos en la intersección semaforizada N° 02.....	116
Figura N°26: Grupos de carriles en la intersección semaforizada N° 01.....	116
Figura N°27: Grupos de carriles en la intersección semaforizada N° 02.....	117
Figura N° 28: Cruce peatonal objeto del análisis.....	134
Figura N° 29: Flujo vehicular para el análisis del cruce peatonal.....	135
Figura N° 30: Tramo del Jr. Amalia Puga objeto de nuestro estudio.....	141
Figura N°31: Diagrama de movimientos y flujo vehicular en la intersección Jr. Amalia Puga con Jr. Apurímac.....	142
Figura N°32: Diagrama de movimientos y flujo vehicular en la intersección Jr. Amalia Puga con Jr. José Gálvez.....	143
Figura N°33: Segmento de estudio del Jr. Amalia Puga.....	144
Figura N°34: Sección típica del segmento de estudio del Jr. Amalia Puga.....	144
Figura N°35: Flujo vehicular en cada uno de los puntos de aforo.....	155
Figura N°36: Composición vehicular en los puntos de aforo.....	156

RESUMEN

En la presente tesis se realizó el análisis del nivel de serviciabilidad del Jr. Amalia Puga de la ciudad de Cajamarca. Para esto se determinó las condiciones de tráfico realizando aforos vehiculares en diferentes puntos de la vía, determinando así que la hora de máxima demanda es en el periodo de 7:15am a 8:15am, además se realizó las mediciones correspondientes en campo para determinar las condiciones geométricas de la vía, y el reglaje semafórico de las intersecciones, las cuales cuentan con semáforos programados. Con los datos obtenidos se determinó la capacidad vial y el nivel de servicio con ayuda del Highway Capacity Manual 2010, el cual nos muestra el análisis en Segmentos de Calles Urbanas e Intersecciones Semaforizadas. Para realizar el análisis del nivel de serviciabilidad se dividió el Jr. Amalia Puga en dos tramos: En el primer tramo se analizó las intersecciones semaforizadas ubicadas en los jirones Urrelo y Dos de Mayo, la demora en la primera intersección fue 23.386 segundos y en la segunda 21.252 segundos respectivamente, lo que indica que ambas intersecciones tienen un nivel de servicio C. En el segundo tramo se analizó el segmento vial comprendido entre los jirones Apurímac y José Gálvez, obteniéndose un tiempo de movimiento en el segmento de 24.61 segundos y una velocidad de viaje de 36.65 km/hora que es el 65.41% de la velocidad de flujo libre base obtenida (56.03 km/hora), lo que indica que el segmento tiene un nivel de servicio C.

Palabras claves: Nivel de servicio, aforo vehicular, hora de máxima demanda, segmento vial, intersección semaforizada.

ABSTRACT

In this thesis, the analysis of the serviceability level of Jr. Amalia Puga from the city of Cajamarca was carried out. For this, the traffic conditions were determined by making vehicular gauges in different points of the road, determining that the time of maximum demand is in the period from 7:15 am to 8:15 am, in addition the corresponding measurements were made to determine the geometric conditions of the road, and the traffic lights of the intersections, which have programmed traffic lights. With the data obtained, the road capacity and service level were determined with the help of the Highway Capacity Manual 2010, which shows the analysis in Segments of Urban Streets and Traffic Light Intersections. To carry out the analysis of the level of serviceability, Jr. Amalia Puga was divided into two sections: In the first section, the signalized intersections located in the Jr. Urrelo and Jr. Dos de Mayo. The delay in the first intersection was 23,386 seconds and in the second 21,252 seconds respectively, which indicates that the two intersections have a service level C. In the second section the road segment between the Apurímac and José Gálvez shreds was analyzed, obtaining a movement time in the segment of 24.61 seconds and a travel speed of 36.65 km / hour which is 65.41% of the free base flow velocity obtained (56.03 km / hour), which indicates that the segment has a level of service C.

Key words: Level of service, traffic capacity, time of maximum demand, road segment, signalized intersection.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

En la ciudad de Cajamarca el parque automotor ha tenido un aumento considerable en los últimos años, y, sin embargo, las calles y vías urbanas son las mismas, lo que ha generado un aumento en los tiempos de recorrido en la mayoría de calles de la ciudad a causa de la sobresaturación vehicular, mayormente en las horas punta, por lo que es necesario analizar sus niveles de serviciabilidad para tomar las medidas necesarias que mejoren su operatividad.

El procedimiento para realizar el análisis del nivel de serviciabilidad del jirón Amalia Puga de la ciudad de Cajamarca comprende dos etapas: En primer lugar, se realizó la recopilación de datos de la composición vehicular y volúmenes de tráfico realizando aforos vehiculares, así como también de las condiciones semafóricas de las intersecciones y las características geométricas de la vía realizando las mediciones correspondientes en campo; y en segundo lugar para determinar el nivel de serviciabilidad del jirón Amalia Puga se aplicó la metodología del Highway Capacity Manual (HCM 2010), específicamente los capítulos 17 y 18, los cuales nos muestran el análisis para segmentos de calles urbanas e intersecciones semaforizadas respectivamente.

La presente investigación está compuesta por cinco capítulos, el primero muestra la introducción de la investigación, planteamiento y formulación del problema, justificación, alcances, objetivos e hipótesis de la investigación; en el segundo capítulo se abarca el marco teórico, en el cual se ha buscado definir parámetros, variables y conceptos básicos necesarios para describir el flujo de tránsito vehicular en calles urbanas, como también de intersecciones semaforizadas, basados principalmente en el Highway Capacity Manual (HCM 2010), además, se describen los conceptos fundamentales del trabajo realizado como son capacidad y nivel de servicio; en el tercer capítulo se muestra de manera precisa la forma en que se desarrolló el estudio, los procedimientos y técnicas a seguir, éste capítulo abarca el tratamiento y análisis de los datos obtenidos en campo; en el cuarto capítulo se presenta los resultados obtenidos mediante un resumen de todo lo calculado para su futuro análisis y estudio; y en el quinto capítulo se presentan las conclusiones y recomendaciones de investigación.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente en el Perú el aumento desproporcionado del flujo vehicular con respecto a las actuales condiciones de las vías urbanas requiere una adecuación y adaptación del espacio para la disposición de caminos y vías por los cuales los vehículos y peatones transiten libre y eficientemente, sin embargo, en la gran mayoría de las ciudades, esta mejora y adecuación no se ha dado, generando problemas de tránsito y congestión vehicular. La ciudad de Cajamarca es un ejemplo claro de esta situación, ya que la mayoría de las calles y vías urbanas no han sido adaptadas para dicho aumento del parque automotor, quedando generalmente muy angostas para la cantidad de vehículos que transitan por estas, lo que genera congestión y sobresaturación vehicular, aumentando considerablemente los tiempos de viaje de vehículos y peatones. A raíz de esto el congestionamiento vehicular y el aumento en los tiempos de recorrido a través del jirón Amalia Puga generan incomodidad y malestar por parte de los usuarios de esta vía, por lo que es necesario realizar un análisis vehicular y peatonal para saber cuál es el nivel de serviciabilidad del Jr. Amalia Puga y así poder tomar las acciones necesarias para mejorar la serviciabilidad que esta vía nos brinda.

1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El planteamiento de la problemática descrita anteriormente nos orienta a saber:

¿Cuál es el nivel de serviciabilidad del jirón Amalia Puga, de la ciudad de Cajamarca?

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Por todo lo expuesto anteriormente, es necesario tomar las medidas correspondientes para solucionar en lo posible estos problemas de tránsito vehicular que aquejan nuestra ciudad. Para esto es necesario conocer las condiciones actuales en que se encuentran las principales calles de Cajamarca, por lo que se plantea la elaboración de este estudio titulado: “Análisis del nivel de serviciabilidad del jirón Amalia Puga, de la ciudad de Cajamarca, 2018”

Al haber una escasa iniciativa por parte de las autoridades pertinentes en realizar estudios de tránsito en la ciudad de Cajamarca, nos vemos en la imperiosa necesidad de elaborar la presente investigación, que además de servir como motivación para estudios posteriores, podrá ser tomada en cuenta en la toma de decisiones y acciones en la ingeniería de tránsito por parte de las autoridades correspondientes, para mejorar considerablemente el transporte vehicular de la ciudad de Cajamarca, y por ende contribuir a mejorar la calidad de vida de sus habitantes.

1.5. ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se limita al análisis del nivel de serviciabilidad del jirón Amalia Puga de la ciudad de Cajamarca, la cual está dirigida principalmente a las autoridades y profesionales involucrados en la ingeniería del tránsito, para motivarlos a realizar posteriores investigaciones que sirvan como sustento para tomar las medidas correctivas y mejorar las condiciones de tránsito vehicular en nuestra ciudad.

La toma de datos referentes al conteo vehicular se realizó en los meses de abril y mayo del año 2018, durante los siete días de la semana de lunes a domingo, en horarios de 06:30 am a 08:30 pm.

Para realizar la investigación se empleó el Highway Capacity Manual (HCM 2010), específicamente los capítulos 17 y 18, los cuales nos muestran el análisis para segmentos de calles urbanas e intersecciones semaforizadas respectivamente.

1.6. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1. OBJETIVO GENERAL

- Realizar el análisis del nivel de serviciabilidad del jirón Amalia Puga, de la ciudad de Cajamarca, 2018.

1.6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la hora de máxima demanda del jirón Amalia Puga y su composición del tráfico vehicular.
- Determinar el grado de saturación vial y los niveles de servicio de las intersecciones semaforizadas analizadas del jirón Amalia Puga.
- Determinar el nivel de servicio de un segmento vial urbano del jirón Amalia Puga.
- Determinar las características geométricas del jirón Amalia Puga.

1.7. HIPÓTESIS GENERAL

El jirón Amalia Puga de la ciudad de Cajamarca opera a un nivel de serviciabilidad C.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

A. ANTECEDENTES TEÓRICOS

1. Antecedentes internacionales:

- **Baeza y Martínez (2013).** La presente tesis tiene como objetivo determinar la capacidad y nivel de servicio de una intersección semaforizada mediante la aplicación de la metodología del análisis operacional del Manual de Capacidad de Carreteras (HCM 2000). El contenido de esta tesis proporciona una base para el desarrollo de la planeación de sistemas de tráfico urbano, que permita la interacción entre todos los componentes del tránsito brindando un transporte eficaz y seguro. La tesis no solo aporta la aplicabilidad de la metodología presentada en el HCM 2000, sino que además incluye la utilización de software especializado. Con el desarrollo de esta tesis, se da cabida al desarrollo de metodologías para intersecciones semaforizadas aplicadas a la situación actual de las vialidades en México, lo que permitirá establecer niveles de servicio y capacidad para las condiciones actuantes reales.
- **Amoroso y Hermida (2012).** En la presente tesis, al realizar el análisis de las intersecciones semaforizadas de la avenida Huayna - Cápac entre Avenida doce de abril y calle Mariscal Lamar se concluyó que: Los volúmenes que transitan la avenida Huayna Cápac en la ciudad de Cuenca (Ecuador) son considerablemente altos, comparados con los de las calles transversales. En base a esta diferencia podríamos considerarle como una vía arterial. Habiendo realizado el análisis del nivel de servicio en la avenida Huayna Cápac, en la cual se estableció cuatro diferentes escenarios de ocupación por cola en las aproximaciones, podemos concluir que la demora generada por la cola inicial, tiene gran influencia ya que los vehículos que llegan de la intersección anterior sienten una demora adicional generada por los vehículos residuales que no lograron atravesar la intersección. En consecuencia, el nivel de servicio se ve afectado directamente por la demora que se genera en una intersección semaforizada, a medida que la demora crece, el nivel de servicio disminuye.

2. Antecedentes nacionales:

- **Bonett y Yatto (2017).** En esta tesis se analizó la capacidad vial y nivel de servicio en el estado actual de las intersecciones semaforizadas: Av. 28 de Julio – 3er Paradero de Ttio, Av. La Cultura – Manuel Prado, Prolongación Av. La Cultura – Universidad

Andina del Cusco. Se realizó la proyección de volúmenes de tráfico futuro determinando el año adecuado para implementación de un sistema vial de intersección a desnivel, simulando dichos escenarios, comparando así la capacidad vial y nivel de servicio con el de la intersección semaforizadas correspondiente. Es por eso que esta investigación se desarrolló con el fin establecer respuestas, direcciones y lineamientos que promuevan y encaminen a la solución del planeamiento tanto vial como urbanístico.

- **Agreda y Parra (2017).** El presente estudio desarrolló un análisis de los modelos determinísticos del HCM2000 y HCM2010 para evaluar su aplicabilidad en una intersección urbana semaforizada de la ciudad de Lima y al mismo tiempo observar el efecto de los valores por omisión, sugeridos por el HCM, en la estimación de las medidas de eficiencia típicas como v/c (volumen/capacidad), demoras, nivel de servicio y colas. Tiene como objetivo general comparar los resultados obtenidos de la aplicación de las metodologías HCM2000 y HCM2010 en una serie de intersecciones semaforizadas y definir cuál de ellas es más aplicable a la realidad del tránsito en Lima Metropolitana.

3. Antecedentes locales:

- **Ñontol (2015).** La presente tesis desarrolla el análisis del nivel de servicio y capacidad en las intersecciones semaforizadas y no semaforizadas dentro de la ciudad de Cajamarca en los jirones consideradas con mayor afluencia vehicular y mayores problemas de tránsito como: Avenida Vía de Evitamiento Norte C1-C2; jirón Chanchamayo C14-C15; jirón Leguía C2-C3 ; jirón Chanchamayo C6-C5; jirón Tayabamba C1-C2; jirón Chanchamayo C4-C5; jirón Apurímac C10-C11; jirón Chanchamayo C4; jirón Dos de Mayo C7- C8 – jirón Chanchamayo C1. Tiene como objetivos determinar la problemática del tráfico y su relación con la serviciabilidad de estas calles de la ciudad de Cajamarca, determinar las características del flujo vehicular, el nivel de servicio y capacidad de dichas vías.
- **Angaspilco (2014).** La presente tesis tiene como objetivo principal determinar el nivel de serviciabilidad en las avenidas; Atahualpa, Juan XXIII, Independencia, de los Héroes y San Martín de la ciudad de Cajamarca”, considerando como problema actual en la ciudad, el crecimiento del parque automotor, que conlleva al congestionamiento vehicular y al bajo nivel de servicio en que operan las vías de la zona urbana.

B. BASES TEÓRICAS

1. CONDICIONES DE CIRCULACIÓN VEHICULAR

1.1. Circulación ininterrumpida

Una infraestructura viaria de circulación ininterrumpida no contiene causas fijas que produzcan demoras o interrupciones ajenas a la corriente de tráfico.

Las autopistas y autovías, así como los elementos que las componen, operan bajo la forma más pura de circulación ininterrumpida. No solo no hay interrupciones fijas en el flujo de tráfico, sino que además los accesos están limitados a ramales de entrada localizados. Las vías multicarril y las carreteras de dos carriles podrían operar también en condiciones de circulación ininterrumpida durante largos tramos ubicados entre elementos puntuales en los que sí se está produciendo una interrupción fija (debida por ejemplo a un semáforo).

1.2. Circulación interrumpida o discontinua

Una infraestructura viaria de circulación interrumpida presentará causas fijas que provocarán demoras o interrupciones periódicas en la corriente de tráfico, como pueden ser la existencia de semáforos o señales de PARE. Las vías urbanas son el ejemplo más común de este tipo de infraestructuras.

1.3. Régimen libre

Se dice que un flujo de tráfico tiene un régimen de circulación libre (durante un periodo de análisis) cuando se dan las siguientes condiciones:

- El flujo de entrada en todos los accesos al elemento o tramo es inferior a la capacidad de cada uno.
- No quedan colas residuales procedentes de retenciones anteriores producidas en la infraestructura.
- Cuando el flujo de tráfico no se vea afectado por las condiciones existentes aguas abajo.
(TRB 2010)

1.4. Régimen saturado

Un flujo de tráfico será considerado como un régimen saturado (durante un periodo de análisis) cuando se de alguna de las circunstancias siguientes:

- Cuando el flujo de entrada exceda a la capacidad del elemento o tramo.
- Cuando exista una cola residual que no se haya disipado todavía.
- Cuando el tráfico se esté viendo afectado por las condiciones existentes aguas abajo.

2. PARÁMETROS BÁSICOS DE FLUJO VEHICULAR

En el presente apartado se definen parámetros, variables y conceptos necesarios para describir el flujo de tránsito vehicular en calles urbanas.

2.1. INTENSIDAD

La intensidad es un parámetro que cuantifica el número de vehículos que circulan por un punto o sección transversal de un carril o carretera durante un periodo de tiempo dado. Aunque puede utilizarse cualquier intervalo de tiempo, es típico expresarla en términos diarios (IMD) u horarios. Cuando se analizan periodos inferiores a una hora (15 minutos normalmente) es habitual expresarla en términos horarios (veh/h), con objeto de poder comparar cantidades y relacionarlas.

La intensidad más empleada como parámetro para comprobar la capacidad o medir el nivel de servicio en el manual es la correspondiente al periodo de 15 minutos más cargado de la hora de referencia, expresada en veh/h.

Dado que en los procedimientos del HCM suele ser habitual incluir la demanda en la hora de referencia como uno de los datos de partida, se utilizará el denominado factor de hora punta (FHP) para estimar la intensidad correspondiente al peor periodo (periodo más cargado) de 15 min dentro de ella (TRB 2010).

2.1.1. Factor de hora punta

El factor de hora punta se define como la relación entre la intensidad de la hora completa y la intensidad correspondiente al periodo más cargado dentro de dicha hora, así como se muestra a continuación:

$$FHP = \frac{I_h}{N(I_{max})} \quad \text{Ec. 01}$$

Donde:

FHP : Factor de hora punta

I_h : Intensidad en la hora (veh/h)

N : Número de periodos durante la hora punta (veh/h)

I_{max} : Intensidad en el periodo más cargado (veh/h)

Si utilizamos periodos de 15 minutos, el FHP se calculará mediante la ecuación:

$$FHP = \frac{I_h}{4 \cdot I_{15}} \quad \text{Ec. 02}$$

Donde:

I_h : Intensidad en la hora (veh/h)

I_{15} : Conteo de vehículos durante el periodo de 15 min más cargado en la hora (veh)

Valores bajos de FHP indicarán una alta variabilidad del tráfico dentro de la hora, mientras que valores más altos indicarán variaciones más bajas. Cuando se utilizan datos correspondientes a horas completas, el FHP puede variar desde 1.00 (lo cual indica que dentro de la hora de estudio la demanda durante los distintos periodos de 15 minutos es idéntica) hasta el mínimo teórico de 0.25 (que indica que la totalidad de la demanda se produce durante el periodo de 15 minutos más cargados. En áreas urbanas, el FHP suele oscilar entre 0.80 y 0.98 (TRB 2010).

2.2. VOLUMEN Y FLUJO VEHICULAR

Volumen y flujo son dos medidas que cuantifican el número de vehículos pasando sobre una sección determinada de la vía durante un intervalo de tiempo dado. Estas medidas se definen a continuación:

2.2.1. Volumen

Es el número total de vehículos que pasan sobre una sección determinada de la vía durante un intervalo de tiempo. Este intervalo de tiempo puede ser variable, pero comúnmente se expresa en términos de periodos anuales, diarios, por hora, o menores a una hora (ICG 2005).

$$Q = \frac{N}{T} \quad \text{Ec. 03}$$

Donde:

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

N : Número total de vehículos que pasan (veh)

T : Periodo determinado (unidad de tiempo)

2.2.2. Volumen de tránsito promedio diario (TPD)

Es el número total de vehículos que pasan durante un periodo dado (días completos) dividido entre el número de días del periodo. Por ejemplo, el tránsito promedio diario semanal se determina con la siguiente expresión:

$$TPDS = \frac{TS}{7} \quad \text{Ec. 04}$$

Donde:

TPDS: Tránsito promedio diario semanal (veh/día)

TS: Tránsito semanal (veh)

(ICG 2005)

2.2.3. Flujo

Corresponde a la tasa equivalente por hora en la cual los vehículos pasan sobre una sección determinada de la vía durante un intervalo de tiempo menor a una hora, usualmente 15 minutos (ICG 2005).

2.3. VELOCIDAD

La velocidad es definida como la rapidez del movimiento expresada en términos de distancia recorrida por unidad de tiempo (Km/h, Mi/h, etc.) Para caracterizar la velocidad de una corriente de tráfico debe usarse un valor representativo, debido a la amplia diversidad de velocidades individuales presentes en una corriente de tránsito (ICG 2005).

$$V = \frac{d}{t} \quad \text{Ec. 05}$$

Los parámetros básicos de velocidad aplicables a una corriente de tránsito en calles urbanas son los siguientes:

2.3.1. Velocidad media de recorrido o velocidad media espacial

Es la velocidad media de la circulación basada en el tiempo invertido en recorrer un tramo dado. Es igual a la longitud del tramo considerado dividido por el tiempo medio de recorrido de todos los vehículos que lo recorren durante un determinado periodo de tiempo, incluyendo todas las demoras debidas a paradas. Es equivalente a la velocidad media espacial (ICG 2005).

$$V_e = \frac{d}{\frac{\sum_1^n t_i}{n}} \quad \text{Ec. 06}$$

Donde:

d: Distancia de recorrido (km)

$\frac{\sum_1^n t_i}{n}$: Promedio aritmético de los tiempos de recorrido de cada vehículo (h)

2.3.2. Velocidad media temporal

Es la media aritmética de las velocidades de los vehículos observados que pasan por un punto definido de una carretera. También podemos referirnos a ella como velocidad media puntual. Para calcularla se tomarán las velocidades individuales de los vehículos que atraviesan por un punto fijo y se calculará la media aritmética (ICG 2005).

$$V_t = \frac{\sum_1^n v_i}{n} \quad \text{Ec. 07}$$

Donde:

n : Número de vehículos observados

3. CONCEPTOS DE CALIDAD Y NIVEL DE SERVICIO

Existen muchas formas para medir el desempeño de una instalación de transporte y muchos puntos de vista que pueden ser considerados para decidir qué medidas deben ser usadas.

Tanto los organismos encargados de operar las instalaciones viales urbanas, como los conductores de automóviles, peatones, ciclistas, pasajeros de buses, y la comunidad en general tienen sus propios puntos de vista sobre cómo debe funcionar la instalación y lo que constituye un “buen” desempeño. En consecuencia, no existe una forma única para medir e interpretar el desempeño. En este contexto, se presentan los conceptos de calidad y nivel de servicio los cuales son utilizados por el “Highway Capacity Manual” para describir el desempeño desde el punto de vista del conductor y que a la vez están diseñados para ser utilizados por operadores viales, autoridades locales y miembros de la comunidad (TRB 2010).

A continuación, se describen los conceptos de calidad de servicio y nivel de servicio.

3.1. CALIDAD DE SERVICIO

La Calidad de Servicio describe lo bien que opera una instalación de transporte desde la perspectiva del viajero. Esta calidad de servicio puede ser evaluada de distintas formas, entre ellas están la observación directa de factores perceptibles por los viajeros (por ejemplo, velocidad y demora), encuestas a viajeros, seguimiento de quejas y elogios sobre las condiciones del camino y predicción de la satisfacción del viajero usando modelos derivados de encuestas. (TRB 2010)

3.2. NIVEL DE SERVICIO

3.2.1. Definición de nivel de servicio

El nivel de servicio, corresponde a una estratificación cuantitativa de una medición o medida de desempeño que represente la calidad de servicio. Estas mediciones utilizadas para determinar el nivel de servicio en los elementos de un sistema de transporte se denominan medidas de servicio.

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

En esta estratificación el nivel de servicio A representa las mejores condiciones de operación de la vía desde la perspectiva del viajero y el nivel de servicio F las peores. Cabe mencionar que ya sea por motivos de costo, impacto ambiental u otras razones, las vías no suelen diseñarse para proporcionar un nivel de servicio A durante los periodos de punta, sino más bien se busca algún nivel de servicio menor, que refleje un equilibrio entre los deseos del conductor, los deseos de la sociedad y los recursos financieros. No obstante, durante los períodos de bajo volumen del día, los elementos del sistema de transporte pueden operar en un nivel de servicio A (TRB 2010).

3.2.2. Usos de nivel de servicio

El nivel de servicio es usado para traducir los resultados de complejos sistemas numéricos sobre desempeño a un sistema simple, de la A a la F, representativo de la percepción de los viajeros en cuanto a la calidad de servicio proporcionada por una instalación o servicio. Esta función tiene por objeto simplificar la toma de decisiones sobre si el desempeño de una instalación es generalmente aceptable y si un futuro cambio en su funcionamiento podrá ser percibido como significativo por el público general. (TRB 2010).

4. NIVEL DE SERVICIO EN SEGMENTOS DE CALLES URBANAS

4.1. CRITERIOS PARA EVALUAR EL NIVEL DE SERVICIO EN SEGMENTOS URBANOS

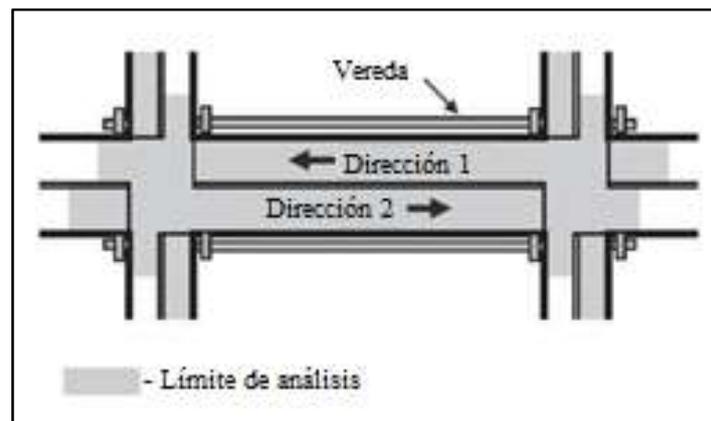
4.1.1. CONSIDERACIONES GENERALES

El desarrollo del trabajo es aplicable a un segmento de calle urbana o suburbana, el cual puede ser parte de una calle troncal o colectora con una o dos vías de flujo de tránsito vehicular.

4.1.1.1. Límites de análisis

El límite de análisis del segmento se define por la calzada del lado derecho de la calle y por el área de influencia operacional de cada intersección límite. El área de influencia de una intersección límite se extiende hacia atrás a partir de la intersección en cada calle que interseca el segmento, donde el tamaño de esta área es específico según la calle que intersecte y comprende la mayor distancia de alguna cola relacionada con la intersección que se produzca durante el período de estudio. Por estas razones, los límites de análisis deben ser establecidos para cada intersección sobre la base de las condiciones presentes durante el período de análisis. En términos prácticos, el área de influencia debe extenderse al menos 76 m. detrás de la línea de pare en cada calle que intersecte. La siguiente figura nos muestra los límites de análisis antes mencionados:

Figura N°01: Límites de análisis en el segmento.



Fuente: (TRB 2010)

4.1.1.2. Período de análisis

La metodología del HCM está basada en el supuesto de que las condiciones de tránsito son estables durante el período de análisis, es decir que un cambio sistemático en el tiempo es insignificante. Por esta razón, la duración del período de análisis se encuentra en el rango de 0.25 a 1 hora. (TRB 2010).

4.1.2. DEFINICIÓN DE SEGMENTO DE CALLE URBANA

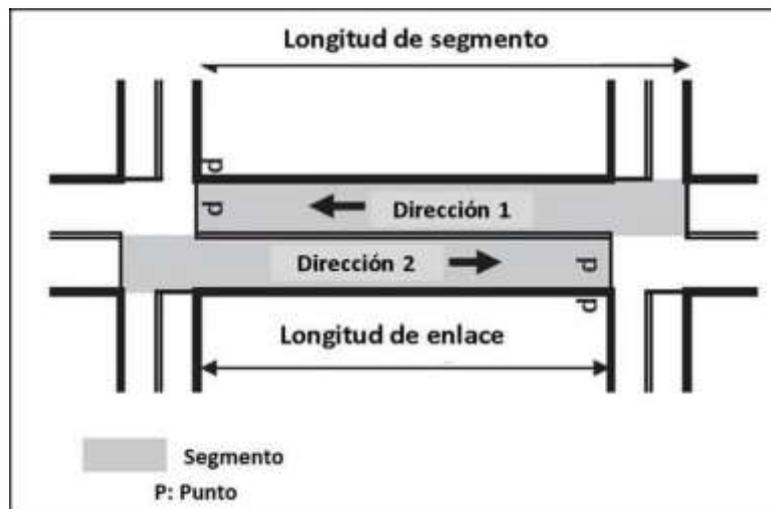
Para efectos de análisis, la calle urbana es separada en elementos individuales que son físicamente adyacentes y operan como una sola entidad en servicio de los viajeros. Comúnmente se encuentran dos elementos en un sistema de calles urbanas, que son puntos y enlaces. Un punto representa el límite entre enlaces y es representado por una intersección. Un

enlace representa una longitud de camino entre dos puntos. Un enlace y sus puntos límites se denominan como un segmento (TRB 2010).

4.1.2.1. Puntos y segmentos

El enlace y sus puntos límites deben ser evaluados juntos para proporcionar una indicación precisa del desempeño general del segmento. Para una dirección dada de viaje a través del segmento, medidas de desempeño de enlace y punto se combinan para determinar el desempeño general del segmento.

Figura N°02: Segmento de estudio y sus puntos límites.



Fuente: (TRB 2010)

4.1.2.2. Consideraciones en la longitud del segmento

Cuando un segmento tiene una longitud “corta”, la interacción entre los movimientos de tránsito y los dispositivos de control en las dos intersecciones límites es lo suficientemente compleja, por lo cual un análisis por separado de cada elemento no proporcionará una indicación precisa del desempeño de la calle urbana. Esta complicación puede ocurrir independientemente del tipo de control presente en las intersecciones límites, no obstante, es particularmente complicado cuando las dos intersecciones son semaforizadas.

Es difícil definir las condiciones bajo las cuales un segmento es considerado corto, sin embargo, se aplican dos reglas generales en la toma de esta determinación. Un segmento es considerado corto si:

- Las colas se extienden frecuentemente hacia atrás desde una intersección a otra intersección durante el período de análisis.

- La duración de la fase del semáforo en la intersección aguas abajo es mayor que la necesaria para servir a todos los vehículos que almacena el segmento más los vehículos que puedan entrar desde la intersección semaforizada aguas arriba mientras la fase aguas abajo está en verde. Esto conduce al uso ineficiente de la fase aguas abajo y la retención de los vehículos no atendidos en los accesos a la intersección aguas arriba.

En general, segmentos que están delimitados por intersecciones semaforizadas y que tienen longitudes menores a 122 m pueden experimentar una o ambas condiciones.

Los pelotones formados en una intersección semaforizada se dispersan típicamente en el momento en que llegan a un punto cercano a los 965 m aguas abajo del semáforo. Esta distancia puede variar dependiendo de la cantidad de actividad en los puntos de acceso a lo largo de la calle y de la velocidad de la corriente de tránsito. En cualquier caso, es muy probable que la influencia de los pelotones en el funcionamiento de la calle urbana sea insignificante cuando la longitud del segmento es superior a 3.2 km. Por lo tanto, si un segmento excede los 3.2 kilómetros de longitud y sus intersecciones límites son semaforizadas, entonces el analista debe evaluar el segmento como una carretera de flujo ininterrumpido con intersecciones aisladas (TRB 2010).

4.1.3. NIVELES DE SERVICIO EN CALLES URBANAS

El nivel de servicio se define según la velocidad de viaje de los vehículos de paso por el segmento, expresada como un porcentaje de la velocidad de flujo libre base.

A continuación, se describen cada nivel de servicio y la **Tabla N° 01** detalla los límites establecidos por los criterios de la metodología.

- **Nivel de servicio A**

NS A describe una operación principalmente de flujo libre, es decir, los vehículos están completamente sin impedimentos en su capacidad para maniobrar dentro de la corriente de tránsito y la demora por control en la intersección límite es mínima. La velocidad de viaje en este nivel excede el 85% de la velocidad de flujo libre base.

- **Nivel de servicio B**

NS B describe una operación razonablemente sin impedimentos, es decir, la capacidad para maniobrar dentro de la corriente de tránsito está sólo ligeramente restringida y la demora por control en la intersección límite no es significativa. La velocidad de viaje se encuentra entre 67% y 85% de la velocidad de flujo libre base.

- **Nivel de servicio C**

NS C describe una operación estable, donde la capacidad para maniobrar y cambiar de carril en los sectores medios del segmento puede ser más restringida que el NS B. Además, colas más largas en la intersección límite pueden contribuir a una disminución en las velocidades de viaje. La velocidad de viaje se encuentra entre 50% y 67% de la velocidad de flujo libre base.

- **Nivel de servicio D**

NS D indica una condición menos estable en la que pequeños aumentos en el flujo pueden causar aumentos sustanciales en la demora y disminuciones en la velocidad de viaje. Esta operación puede ser debido a progresión adversa de los semáforos, volumen alto o programación inapropiada de los semáforos en la intersección límite. La velocidad de viaje se encuentra entre 40% y 50% de la velocidad de flujo libre base.

- **Nivel de servicio E**

NS E se caracteriza por una operación inestable y demora significativa, las cuales pueden deberse a alguna combinación de progresión adversa, volumen alto o programación inapropiada de los semáforos en la intersección límite. La velocidad de viaje se encuentra entre 30% y 40% de la velocidad de flujo libre base.

- **Nivel de servicio F**

NS F se caracteriza por un flujo a muy baja velocidad. La congestión se produce probablemente en la intersección límite, según se indica por alta demora y colas extensas. La velocidad de viaje es de 30% o menos de la velocidad de flujo libre base.

Tabla N° 01: Criterios para determinar el nivel de servicio.

VELOCIDAD DE VIAJE COMO UN PORCENTAJE DE LA VELOCIDAD DE FLUJO LIBRE BASE (%)	NIVEL DE SERVICIO POR RELACIÓN VOLÚMEN-CAPACIDAD	
	≤ 1.0	> 1.0
>85	A	F
>67 – 85	B	F
>50 – 67	C	F
>40 – 50	D	F
>30 – 40	E	F
≤30	F	F

Fuente: (TRB 2010)

4.1.4. DATOS DE ENTRADA

4.1.4.1. DATOS DE ENTRADA REQUERIDOS

En esta sección se describe los datos de entrada necesarios para el desarrollo de los procedimientos que permitan estimar el nivel de servicio en calles urbanas. Los datos se presentan en la **Tabla N° 02** y son identificados como “Elementos de entrada”. Ellos deben ser especificados por separado para cada dirección de viaje en el segmento y para cada intersección límite.

Tabla N° 02: Elementos de entrada para determinar el nivel de servicio.

CATEGORIA DE DATOS	VALORES
CARACTERÍSTICAS DE TRÁNSITO	Flujo de demanda (Intersección)
	Flujo en puntos de acceso (Segmento)
	Flujo en el segmento (Segmento)
DISEÑO GEOMÉTRICO	Número de carriles (Intersección)
	Ancho de intersección aguas arriba (Intersección)
	Longitud de bahía de giro (Intersección)
	Número de carriles (Segmento)
	Longitud de segmento (Segmento)
	Longitud de mediana restrictiva (Segmento)
	Proporción de segmento con solera (Segmento)
OTROS	Número de puntos de acceso (Segmento)
	Duración periodo de análisis (Segmento)
	Velocidad límite (Segmento)

Fuente: (TRB 2010)

4.2. PASOS DE ANÁLISIS PARA EVALUAR SEGMENTOS URBANOS

En esta sección se muestra el proceso de cálculo para evaluar segmentos de calles urbanas. Para esto se describe los procedimientos que conforman la metodología además de destacar las ecuaciones importantes, conceptos e interpretaciones. A continuación, desarrollamos la estructura de cálculo en la cual se especifica la secuencia de cálculos necesarios para estimar la velocidad de viaje y el nivel de servicio del segmento.

4.2.1. Paso 1: Elementos de entrada

Durante este paso se deben especificar todas las variables y elementos de entrada necesarios para efectuar el análisis. Estos elementos de entrada fueron definidos en el **punto 4.1.4** “Datos de Entrada” y pueden ser medidos en terreno o especificados como valores por defecto.

También, durante este paso, se realiza un chequeo para detectar la aparición de desbordamiento desde una bahía de giro o desde un segmento en otro segmento. La evaluación no debe proceder si se produce desbordamiento ya que la metodología no se ocupa de esta condición (TRB 2010).

4.2.2. Paso 2: Determinar el tiempo en movimiento

Este procedimiento incluye el cálculo de la velocidad de flujo libre, un factor de ajuste para la proximidad entre vehículos, y el tiempo en movimiento adicional debido a fuentes de demora. Cada cálculo se explica en los apartados siguientes, que culmina con el cálculo del tiempo en movimiento en el segmento (TRB 2010).

4.2.2.1. Velocidad de flujo libre

La velocidad de flujo libre representa la velocidad promedio de los vehículos que viajan a través de un segmento en condiciones de bajo volumen y sin demora debido dispositivos de control de tránsito u otros vehículos. Esta refleja el efecto del entorno de la calle en la elección de la velocidad por parte del conductor. Elementos del entorno que influyen en esta elección bajo condiciones de flujo libre incluyen el límite de velocidad, densidad de puntos de acceso, tipo de mediana, presencia de solera y longitud del segmento.

La determinación de la velocidad de flujo libre está basada en el cálculo de la velocidad de flujo libre base y un factor de ajuste para el espaciamiento entre señales (TRB 2010).

4.2.2.1.1. Velocidad de flujo libre base

La velocidad de flujo libre base se define como la velocidad de flujo libre en segmentos largos. Esta incluye la influencia de la velocidad límite, densidad de puntos de acceso, tipo de mediana, presencia de solera y se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$S_{f0} = S_0 + f_{CS} + f_A \quad \text{Ec. 08}$$

Donde:

S_{f0} : Velocidad de flujo libre base (mi/h)

S_0 : Velocidad constante (mi/h)

f_{CS} : Factor de ajuste para sección transversal (mi/h)

f_A : Factor de ajuste para puntos de acceso (mi/h)

A continuación, se describen las ecuaciones para calcular cada uno de estos factores.

- Velocidad Constante (S_0)

$$S_0 = 25.6 + 0.47 \cdot S_{pl} \quad \text{Ec. 09}$$

Donde:

S_{pl} : Límite de velocidad (mi/h)

- Factor de ajuste para sección transversal (f_{CS})

$$f_{CS} = 1.5 \cdot p_m - 0.47 \cdot P_{curb} - 3.7 \cdot P_{curb} \cdot P_m \quad \text{Ec. 10}$$

Donde:

p_m : Proporción del segmento con mediana restrictiva (decimal)

P_{curb} : Proporción del segmento con solera del lado derecho (decimal)

- Factor de ajuste para puntos de acceso (f_A)

$$f_A = -0.078 \cdot D_a / N_{th} \quad \text{Ec. 11}$$

Con D_a :

$$D_a = 5280 \cdot (N_{ap,s} + N_{ap,o}) / (L - W_i) \quad \text{Ec. 12}$$

Donde:

D_a : Densidad de puntos de acceso en el segmento (puntos/mi)

N_{th} : Número de carriles del segmento en la dirección de viaje

$N_{ap,s}$: Número de puntos de acceso por el lado derecho en la dirección de viaje

$N_{ap,o}$: Número de puntos de acceso por el lado derecho en la dirección opuesta de viaje

W_i : Ancho de intersección semaforizada aguas arriba (ft)

Tabla N° 03: Factor de ajuste para sección transversal.

Tipo de mediana	Porcentaje con mediana restrictiva (%)	Ajuste para sección transversal, f_{CS} (mi/h)	
		Sin solera	Con solera
Restrictiva	20	0.3	-0.9
	40	0.6	-1.4
	60	0.9	-1.8
	80	1.2	-2.2
	100	1.5	-2.7
No restrictiva	No aplica	0	-0.5
Sin mediana	No aplica	0	-0.5

Funete: (TRB 2010)

Tabla N° 04: Factor de ajuste para puntos de acceso.

Densidad de puntos de acceso, D_a (puntos/mi)	Ajuste para puntos de acceso por carril, f_A (mi/h)			
	1 carril	2 carriles	3 carriles	4 carriles
0	0	0	0	0
2	-0.2	-0.1	-0.1	0
4	-0.3	-0.2	-0.1	-0.1
10	-0.8	-0.4	-0.3	-0.2
20	-1.6	-0.8	-0.5	-0.4
40	-3.1	-1.6	-1	-0.4
60	-4.7	-2.3	-1.6	-1.2

Fuente: (TRB 2010)

4.2.2.1.2. Ajuste por espaciamiento de señales

La evidencia empírica sugiere que un segmento de corta longitud (cuando se define por las intersecciones semaforizadas límites) tiende a influir en la elección del conductor de la velocidad de flujo libre. Se ha encontrado que los segmentos más cortos tienen una baja velocidad de flujo libre cuando todos los otros factores se mantienen iguales. La siguiente ecuación es usada para calcular el valor de un factor de ajuste que considera esta influencia.

$$f_L = 1.02 - 4.7 \cdot \frac{S_{f0}^{-19.5}}{\max(L_S, 400)} \leq 1.0 \quad \text{Ec. 13}$$

Donde:

f_L : Factor de ajuste por espaciamiento de señales (adimensional)

S_{f0} : Velocidad de flujo libre base (mi/h)

L_S : Distancia entre intersecciones límites (ft)

(TRB 2010)

4.2.2.1.3. Cálculo de la velocidad de flujo libre

La velocidad de flujo libre es calculada basándose en las estimaciones de la velocidad de flujo libre y el factor de ajuste por espaciamiento de señales. Alternativamente, puede ser ingresada directamente por el analista, su ecuación es la siguiente:

$$S_f = S_{f0} \cdot f_L \quad \text{Ec. 14}$$

Donde:

S_f : Velocidad de flujo libre (mi/h), y las otras variables están definidas previamente.

4.2.2.2. Factor de ajuste por proximidad entre vehículos

El factor de ajuste por proximidad ajusta el tiempo en movimiento en flujo libre para tener en cuenta el efecto de la densidad de tránsito. Los ajustes resultan en un incremento del tiempo en movimiento (y la correspondiente reducción en la velocidad) con un aumento del volumen. La reducción de la velocidad es un resultado de intervalos cortos de separación entre vehículos, asociados con el alto volumen y la predisposición de los conductores a ser más precavidos cuando los intervalos son cortos. La siguiente ecuación es usada para calcular el factor de ajuste por proximidad.

$$f_v = \frac{2}{1 + \left(1 - \frac{v_m}{52.8 \cdot N_{th} \cdot S_f}\right)^{0.21}} \quad \text{Ec. 15}$$

Donde:

f_v : Factor de ajuste por proximidad

v_m : Razón de flujo de demanda en el segmento (veh/h)

N_{th} : Número de pistas del segmento en la dirección de viaje

S_f : Velocidad de flujo libre (mi/h)

(TRB 2010)

4.2.2.3. Demora debido al giro de vehículos

En este punto se describe un procedimiento para cuantificar la demora producida por vehículos girando desde la calle principal a un punto de acceso no señalizado. Esta demora es incurrida por los vehículos que están siguiendo a los vehículos que giran pero que no giran en el punto de acceso. Comúnmente la demora relacionada al giro en un punto de acceso es pequeña en relación a la producida en una intersección señalizada, sin embargo, esta demora puede aumentar a niveles considerables cuando un segmento de calle tiene puntos de acceso frecuentes y un número significativo de vehículos girando.

Para vehículos girando a la derecha la demora se produce cuando los vehículos que los anteceden reducen su velocidad para acomodarse al movimiento de giro. Para vehículos girando a la izquierda la demora resulta cuando los vehículos que los siguen deben esperar en cola mientras que un vehículo por delante ejecuta la maniobra de giro, esta demora ocurre principalmente en calles no divididas. A continuación, se describen procedimientos para determinar estas dos demoras:

4.2.2.3.1. Demora debido a giros a la derecha

Un vehículo girando a la derecha desde la calle principal al punto de acceso provoca a menudo un retraso a los vehículos que le siguen, los cuales deben reducir su velocidad para evitar colisionar con el vehículo que va delante. Esta demora puede ser de varios segundos de duración para los primeros vehículos, pero siempre disminuirá a valores despreciables para los vehículos subsecuentes, así como disminuye la necesidad de reducir la velocidad. Para los propósitos de cálculo del tiempo en movimiento en el segmento, esta demora debe ser promediada sobre todos los vehículos viajando en la dirección de análisis. La demora media resultante se calcula así:

$$d_{ap,r} = 0.67 \cdot d_{t/r} \cdot \frac{P_{RT}}{1 - P_{LT} - P_{RT}} \quad \text{Ec. 16}$$

Donde:

$d_{ap,r}$: Demora media vehicular debido a giros a la derecha, (seg/veh)

$d_{t/r}$: Demora vehicular por maniobra de giro a la derecha (seg/veh)

P_{RT} : Proporción de vehículos girando a la derecha en la corriente de tránsito

P_{LT} : Proporción de vehículos girando a la izquierda en la corriente de tránsito

(TRB 2010)

La siguiente secuencia de cálculos debe ser usada para determinar los valores que permitan estimar la demora mencionada:

4.2.2.3.1.1. Calcular la velocidad mínima para el primer vehículo en seguimiento

$$u_m = 1.47 \cdot S_f - r_d \cdot (H_1 - h_{\Delta < h < H_1}) \geq u_{rt} \quad \text{Ec. 17}$$

Con:

$$h_{\Delta < h < H_1} = \frac{1}{\lambda} + \frac{\Delta - H_1 \cdot e^{-\lambda(H_1 - \Delta)}}{1 - e^{-\lambda(H_1 - \Delta)}} \quad \text{Ec. 18}$$

$$H_1 = \frac{1.47 \cdot S_f - u_{rt}}{r_d} + t_{cl} + \frac{L_h}{1.47 \cdot S_f} > \Delta \quad \text{Ec. 19}$$

$$\lambda = \frac{1}{\frac{1}{q_n} - \Delta} \quad \text{Ec. 20}$$

$$q_n = \frac{v_a}{3600 \cdot n} \quad \text{Ec. 21}$$

Donde:

- u_m : Velocidad mínima del primer vehículo que es retrasado, (ft/seg)
- u_{rt} : Velocidad de giro a la derecha (ft/seg)
- $h_{\Delta < h < H_1}$: Tiempo de espaciamiento medio de los intervalos entre Δ y H_1 , (seg/veh)
- Δ : Tiempo de espaciamiento mínimo vehicular, usar 1.5, (seg/veh)
- H_1 : Tiempo de espaciamiento máximo que puede tener el primer vehículo en seguimiento y aun incurrir en demora, (seg/veh)
- r_d : Razón de desaceleración, usar 6.7, (ft/s^2)
- t_{cl} : Tiempo de despeje del vehículo girando a la derecha, usar 0.6, (seg)
- L_h : Espaciamiento vehicular medio en una cola de detención, usar 25, (ft/veh)
- λ : Parámetro de velocidad de flujo, (veh/s)
- q_n : Flujo de carril exterior, (veh/s)
- v_a : Flujo en la aproximación al punto de acceso, (veh/h)
- n : Número de carriles en la aproximación al punto de acceso

La velocidad de giro a la derecha u_{rt} , puede ser sensible a la geometría del punto de acceso, esta puede variar de 15 a 25 ft/s para radios de giro que varían de 20 a 60 ft respectivamente (TRB 2010).

4.2.2.3.1.2. Calcular la demora del primer vehículo en seguimiento, d_1

$$d_1 = \frac{(1.47 \cdot S_f - u_m)^2}{2(1.47 \cdot S_f)} \cdot \left(\frac{1}{r_d} + \frac{1}{r_a} \right) \quad \text{Ec. 22}$$

Donde:

d_1 : Demora condicional del primer vehículo en segundos, (seg)

r_a : Razón de aceleración, usar 3.5, (ft/s^2)

(TRB 2010)

4.2.2.3.1.3. Calcular la demora del segundo vehículo en seguimiento, d_2

$$d_2 = d_1 - (h_{\Delta < h < H_2} - \Delta) \quad \text{Ec. 23}$$

Con:

$$h_{\Delta < h < H_2} = \frac{1}{\lambda} + \frac{\Delta - H_2 \cdot e^{-\lambda(H_2 - \Delta)}}{1 - e^{-\lambda(H_2 - \Delta)}} \quad \text{Ec. 24}$$

$$H_2 = d_1 + \Delta \quad \text{Ec. 25}$$

Donde:

d_2 : Demora condicional del segundo vehículo en segundos, (seg)

(TRB 2010)

4.2.2.3.1.4. Calcular la demora del tercer y los subsiguientes vehículos, $d_i (i = 3, 4, \dots)$

$$d_i = d_{i-1} - (h_{\Delta < h < H_i} - \Delta) \quad \text{Ec. 26}$$

Con:

$$h_{\Delta < h < H_i} = \frac{1}{\lambda} + \frac{\Delta - H_i \cdot e^{-\lambda(H_i - \Delta)}}{1 - e^{-\lambda(H_i - \Delta)}} \quad \text{Ec. 27}$$

$$H_i = d_{i-1} + \Delta \quad \text{Ec. 28}$$

Donde:

d_i : Demora condicional del i-ésimo vehículo en segundos, $i = 3, 4, \dots$ (seg)

El **punto 4.2.2.3.1.4.** se debe repetir para el tercero y los subsiguientes vehículos hasta que la demora calculada para el vehículo sea inferior a 0,1 segundos. En general, este criterio de demora se cumple para los primeros dos o tres vehículos.

(TRB 2010)

4.2.2.3.1.5. Calcular la proporción de vehículos girando a la derecha en el carril derecho

$$P_R = P_{RT} \cdot n \leq 1.0 \quad \text{Ec. 29}$$

Donde:

P_R : Proporción de vehículos girando a la derecha en el carril derecho

(TRB 2010)

4.2.2.3.1.6. Calcular la demora vehicular por maniobra de giro a la derecha

La demora vehicular para los primeros dos vehículos se determina utilizando la ecuación **Ec. 30**:

$$d_{t/r} = d_1(1 - e^{-\lambda(H_1 - \Delta)})(1 - P_R) + d_2(1 - e^{-\lambda(H_1 - \Delta)})(1 - e^{-\lambda(H_2 - \Delta)})(1 - P_R)^2 \quad \text{Ec. 30}$$

Si tres o más vehículos son retrasados, entonces se debe agregar un término adicional a la ecuación **Ec. 30** para cada vehículo subsecuente, en esta situación, la ecuación **Ec. 31** se aplica a todos los vehículos retrasados:

$$d_{t/r} = \sum_{i=1}^{\infty} \left[d_i \times \prod_{j=1}^i (1 - e^{-\lambda(H_j - \Delta)}) \times (1 - P_R)^i \right] \quad \text{Ec. 31}$$

Finalmente se reemplaza el valor de $d_{t/r}$ en la ecuación **Ec. 16**, para calcular la demora media vehicular debido a giros a la derecha ($d_{ap,r}$)

(TRB 2010)

4.2.2.3.2. Demora debido a giros a la izquierda

La ecuación **Ec. 16** y todo el procedimiento descrito en el **punto 4.2.2.3.1.** también puede ser utilizado para estimar la demora debido a vehículos girando a la izquierda en una calle de un solo sentido. En este caso, las variables asociadas con el movimiento de giro a la derecha se redefinen como aplicables al movimiento de giro a la izquierda, y viceversa.

4.2.2.3.3. Estimación rápida de demora debido al giro de vehículos

Para la planificación y análisis preliminares de ingeniería, la **Tabla N° 05** puede ser usada para estimar la demora debido al giro de vehículos en un punto de acceso representativo mediante el uso de un volumen de segmento que sea común para todos los puntos de acceso. Los valores en la **Tabla N° 05** representan la demora de los vehículos debido a giros a la izquierda y derecha en un punto de acceso. El valor seleccionado es multiplicado por el número de puntos de acceso en el segmento para obtener la demora debido a giros a la izquierda y derecha.

Tabla N° 05: Demoras debido al giro de vehículos.

Volumen en el Segmento (veh/h/carril)	Demora según número de carriles (s/veh/carril)		
	1 carril	2 carriles	3 carriles
200	0.04	0.04	0.05
300	0.08	0.08	0.09
400	0.12	0.15	0.15
500	0.18	0.25	0.15
600	0.27	0.41	0.15
700	0.39	0.72	0.15

Fuente: (TRB 2010)

4.2.2.4. Demora debido a otras fuentes

Muchos otros factores pueden causar que el conductor reduzca su velocidad o presente demoras mientras viaja a lo largo de un segmento. Por ejemplo, un vehículo que está completando una maniobra de estacionamiento puede provocar a los vehículos que lo anteceden a incurrir en una cierta demora. Asimismo, vehículos que ceden el paso a peatones en un cruce peatonal pueden incurrir en demora. Por último, ciclistas que circulan por una línea de tránsito o una ciclo vía adyacente pueden directa o indirectamente causar una reducción de la velocidad en el tránsito vehicular.

De las numerosas fuentes de demora para el segmento, la metodología sólo incluye procedimientos para estimar la demora debido al giro de vehículos. Sin embargo, si la demora debido a otras fuentes es conocida o estimada mediante otros medios, entonces se puede incluir en la ecuación para calcular el tiempo en movimiento.

(TRB 2010)

4.2.2.5. Tiempo en movimiento en el segmento

La siguiente ecuación es usada para calcular el tiempo en movimiento en el segmento, la cual considera el control de movimiento en las intersecciones límites, la velocidad de flujo libre, proximidad entre vehículos, y variadas fuentes de demora en el segmento.

$$T_R = \frac{6.0-l_1}{0.0025L} f_x + \frac{3600L}{5280S_f} f_v + \sum_{i=1}^{N_{ap}} d_{ap,i} + d_{other} \quad \text{Ec. 32}$$

Con:

$$f_x = \begin{cases} 1.00 & (\text{movimiento controlado por semáforos o señales PARE}) \\ 0.00 & (\text{movimiento no controlado}) \\ \min\left[\frac{v_{th}}{c_{th}}, 1.00\right] & (\text{movimiento controlado por ceda el paso}) \end{cases}$$

Donde:

T_R : Tiempo en movimiento en el segmento, (seg)

l_1 : Pérdida de tiempo en la partida = 2.0 si es semaforizado, y 2.5 si es PARE o Ceda el Paso, (seg)

L : Longitud del segmento, (ft)

f_x : Factor de ajuste por tipo de control

v_{th} : Razón de flujo de demanda a través del segmento (veh/h)

c_{th} : Capacidad de movimiento a través del segmento (veh/h)

$d_{ap,i}$: Demora debido a giros a la izquierda y derecha desde la calle hacia el punto de acceso i , (seg/veh)

N_{ap} : Número de puntos de acceso influyentes que se aproximan a lo largo del segmento = $N_{ap,s} + P_{ap,lt}N_{ap,o}$, (puntos)

$N_{ap,s}$: Número de puntos de acceso próximos en el lado derecho de la dirección de viaje, (putnos)

$N_{ap,o}$: Número de puntos de acceso en el lado derecho opuesto a la dirección de viaje, (puntos)

$P_{ap,lt}$: Proporción de $N_{ap,o}$ que se puede acceder por un giro a la izquierda desde la dirección de viaje

d_{other} : Demora debido a otras fuentes a lo largo del segmento, (seg/veh)

4.2.3. Paso 3: Determinar la demora a través del segmento

La demora incurrida a través del segmento representa la suma de dos fuentes de retraso. Una fuente es el retraso debido al control del tráfico en la intersección límite la cual se llama retraso de control; y el otro retraso es debido a la geometría de la intersección, como la curvatura, la cual se llama retraso geométrico.

Si el movimiento a través del segmento no es controlado en la intersección límite, entonces la demora de control es cero. Para el caso del retraso geométrico, cuando se trata de intersecciones no circulares es considerado despreciable.

Si el movimiento a través del segmento comparte uno o más carriles en una intersección de límite semaforizado, entonces el retraso a través del segmento es calculado con la siguiente ecuación:

$$d_t = \frac{d_{th}v_tN_t + d_{sl}v_{sl}(1-P_L) + d_{sr}v_{sr}(1-P_R)}{v_{th}} \quad \text{Ec. 33}$$

Donde:

d_t : Retraso a través del segmento (s/veh)

v_{th} : Demanda vehicular (veh/h)

d_{th} : Retraso en el carril (s/veh)

v_t : Flujo en el carril (veh/h/carril)

N_t : Número de carriles (carril)

d_{sl} : Retraso de vehículos que giran a la izquierda (s/veh)

v_{sl} : Índice de flujo de los vehículos que giran a la izquierda (veh/h)

d_{sr} : Retraso de vehículos que giran a la derecha (s/veh)

v_{sr} : Índice de flujo de los vehículos que giran a la derecha (veh/h)

P_L : Proporción de vehículos que giran a la izquierda (decimal)

P_R : Proporción de vehículos que giran a la derecha (decimal)

(TRB 2010)

4.2.4. Paso 4: Determinar la velocidad de viaje

La siguiente ecuación es usada para calcular la velocidad de viaje para una dirección dada a lo largo del segmento.

$$S_{T,seg} = \frac{3600 \cdot L}{5280 \cdot (T_R + d_t)} \quad \text{Ec. 34}$$

Donde:

$S_{T,seg}$: Velocidad de viaje de los vehículos de paso por el segmento (mi/h)

L : Longitud del segmento (ft)

T_R : Tiempo en movimiento del segmento (s)

d_t : Demora a través de segmento (s/veh)

(TRB 2010)

4.2.5. Paso 5: Determinar el nivel de servicio del segmento

El nivel de servicio se determina para ambas direcciones de viaje a lo largo del segmento. La **Tabla N° 01** muestra los límites establecidos para este propósito. Como lo indica la **Tabla N° 01**, el nivel de servicio se define según la velocidad de viaje para los vehículos de paso por el segmento expresada como un porcentaje de la velocidad base en flujo libre.

5. NIVEL DE SERVICIO EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

5.1. CRITERIOS PARA EVALUAR EL NIVEL DE SERVICIO EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

5.1.1. CONSIDERACIONES GENERALES

La intersección regulada por semáforos es una de las situaciones más complejas en el sistema circulatorio. El análisis de intersecciones reguladas por semáforos debe considerar una amplia variedad de condiciones prevalecientes, incluida la cantidad y la distribución del tráfico, características geométricas y los detalles de la señalización de la intersección. En las intersecciones reguladas por semáforos hay que añadir un elemento adicional dentro del concepto de capacidad: la distribución del tiempo.

5.1.2. DEFINICIONES BÁSICAS EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

5.1.2.1. Semáforos

Este tipo de intersecciones están reguladas por semáforos. El semáforo es la variable directa de las intersecciones semaforizadas, el cual distribuye el tiempo entre los movimientos conflictivos que se dan, para poder dar un correcto funcionamiento a la intersección, así como no saturar sus accesos.

Los semáforos tienen operaciones que afectan directamente a la circulación, tales como: el plan de fases, la asignación de tiempos en verde, la duración del ciclo, los distintos tipos de giros protegidos, permitidos o sin oposición, entre otros.

5.1.2.2. Modalidades básicas de operación

El (TRB 2010), contempla dos tipos de operaciones para la señalización semaforizada: la operación prefijada y la operación accionada.

5.1.2.2.1. Operación prefijada

La operación prefijada es una acción que consiste en una secuencia de fases fijas, que están en un orden repetitivo, la duración de cada fase es precisa siempre con los mismos tiempos, es decir, todos los intervalos de cambio están prefijados, pero el intervalo de verde puede cambiar ya sea por el día de la semana o se acomoda a unas horas determinadas.

5.1.2.2.2. Operación accionada

La operación accionada se define como la fase de la secuencia en que la presentación de cada fase depende o está asociada a los movimientos del tráfico. Este tipo de operación se puede describir como: actuado, semi actuado y coordinado-actuado.

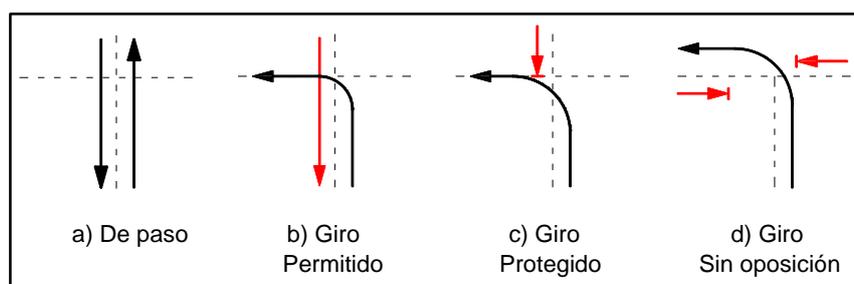
- **Semáforos actuados:** se da cuando las fases están actuadas y todos los movimientos de tráfico de la intersección están controladas por detectores. Este tipo de control no está asociado con un ciclo constante y así las duraciones del ciclo y los tiempos de verde pueden variar según la demanda que se tenga.
- **Semáforos semi actuados:** se trata de un tipo de control que utiliza las fases actuadas para servir los menores movimientos (calles secundarias) de una intersección mientras que los mayores movimientos que se producen en la intersección están operados con fases no actuadas, tratando de estar siempre en fase verde, así cuando las calles secundarias detecten un flujo vehicular, se les dará paso con un intervalo determinado. La secuencia y duración de cada fase actuada está determinada por la demanda de tráfico. Este tipo de control no está asociado a un ciclo constante.
- **Semáforos coordinados-actuados:** este tipo de control es similar al anterior y asocia la fase coordinada aquellos movimientos menores en la intersección.

5.1.2.3. Tipos de movimientos

En una intersección regulada por semáforos, dentro de las características significativas que influyen en su capacidad, además de la asignación del tiempo de verde, debe tenerse también en cuenta la disposición de los movimientos de giro dentro de la secuencia de fases. Se pueden diferenciar cuatro tipos de movimientos:

- a) **De paso:** es el giro en el que el vehículo continúa en la dirección que llevaba antes de atravesar la intersección. De todos los movimientos, es el menos demandado por el sistema.
- b) **Giro permitido:** es el giro en el que el vehículo que lo efectúa debe atravesar bien una corriente peatonal, o bien un flujo vehicular en sentido opuesto. Por ejemplo, un movimiento de giro a la izquierda que se realice al mismo tiempo que el movimiento de tráfico en sentido opuesto se considera permitido. Asimismo, un movimiento de giro a la derecha simultáneo con un cruce de peatones también lo será. Este tipo de movimientos exigen un mayor consumo del tiempo en verde.
- c) **Giro protegido:** en este tipo de movimientos, el vehículo no presenta oposición vehicular o peatonal a la hora de realizar la maniobra. Se trataría del caso de giros a la izquierda realizados en una fase exclusiva para ellos, una flecha verde adicional en el semáforo, o de giros a la derecha con prohibición de cruce para los peatones durante esa fase.
- d) **Giro sin oposición:** a diferencia del caso anterior, esta clase de movimientos no necesita una regulación de fase exclusiva, ya que la configuración de la intersección hace imposible que se den conflictos o interferencias con el tráfico de paso. Se dan sobre todo en calles de sentido único o en intersecciones en T que operan con dos fases separadas para cada dirección.

Figura N°03: Tipos de movimientos en una intersección.



Fuente: (Bañón y Beviá 2000)

5.1.3. CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN

La capacidad de una infraestructura vial es el máximo número de vehículos que razonablemente pueden pasar por una intersección durante un intervalo de tiempo dado, normalmente una hora, bajo las condiciones prevalecientes de la infraestructura vial, del tránsito y de los dispositivos de control.

Para determinar la capacidad de un sistema vial, rural o urbano, no sólo es necesario conocer sus características físicas o geométricas, sino también las características de los flujos vehiculares, bajo una variedad de condiciones de operación sujetas a los dispositivos de control y al medio ambiente.

5.1.4. NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN

Para medir la calidad del flujo vehicular se usa el concepto de nivel de servicio. Es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular. Estas condiciones se describen en términos de factores tales como la velocidad y el tiempo recorrido, la libertad de realizar maniobras, la comodidad, la conveniencia y la seguridad vial. De los factores que afectan el nivel de servicio, se distinguen los internos y los externos:

- Los internos son aquellos que corresponden a variaciones en la velocidad, en el volumen, en la composición del tránsito, en el porcentaje de movimientos de entrecruzamiento o direccionales, etc.
- Entre los externos se encuentran las características físicas, tales como el ancho de los carriles, la distancia libre lateral, el ancho de las banquetas, las pendientes, etc.

Para determinar el nivel de servicio de cada grupo de carriles, cada planteamiento y cada intersección como un conjunto se utiliza la **Tabla N° 06**. El nivel de servicio es una indicación de la aceptabilidad de los niveles de demora de vehículos en la intersección. También puede indicar una operatividad inaceptable por un grupo de carriles individual.

La demora cuantifica el aumento del tiempo de viaje debido al control de las señales de tráfico, además, indirectamente sirve de medida para conocer la disconformidad del usuario y el consumo de combustible. Por otro lado, el índice de capacidad calculado cuantifica el grado de un Grupo de Carril en cuanto a capacidad se refiere.

Tabla N° 06: Demora del tráfico según el nivel de servicio.

Nivel de Servicio	Demora de Control (seg/veh)
A	<10
B	>10 - 20
C	>20 – 35
D	>35 - 50
E	>50 - 80
F	>80

Fuente: (TRB 2010)

5.1.5. LIMITACIONES DE LA METODOLOGÍA

Los límites de análisis de la intersección no se definen a una distancia fija para todas las intersecciones, por el contrario, son dinámicas y se extienden hacia atrás, desde la intersección a una distancia suficiente para incluir el área de influencia operacional en cada vía de la intersección. Por estas razones, los límites de análisis deberían establecerse para cada intersección de acuerdo con las condiciones durante el período de análisis. La influencia del área debe extenderse por lo menos 76.2 metros detrás de la línea de parada en cada vía de la intersección.

5.1.6. PARÁMETROS DE ENTRADA

Antes de realizar el análisis de los datos, es necesario definir unos parámetros de entrada, obtenidos de observaciones en campo, los cuales se definen en la **Tabla N° 07**.

Tabla N° 07: Parámetros de entrada requeridos para el análisis operacional.

Condiciones geométricas	Número de carriles (N)
	Ancho de carril (W)
Condiciones de tráfico	Volumen (veh/h)
	FHP
	Paradas de autobuses (buses/h)
	Número de aparcamientos (Maniobras/h)
Condiciones de señalización	Volumen de peatones (Vped/h)
	Volumen de ciclistas (Vbic/h)
	Reglaje semafórico

Fuente: (TRB 2010)

5.2. PASOS DE ANÁLISIS PARA EVALUAR INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

En esta sección se muestra el proceso de cálculo para evaluar y determinar el nivel de servicio de intersecciones semaforizadas. A continuación, desarrollamos la estructura de cálculo en la cual se especifica la secuencia de cálculos necesarios para estimar el NS de intersecciones semaforizadas.

5.2.1. Paso 1: Determinar grupos de movimientos y grupos de carriles

La designación de un grupo de movimiento es útil para especificar los datos de entrada mientras que el grupo de carril es útil para la descripción de los cálculos asociados con la metodología. Para esto se utiliza la siguiente tabla.

Tabla N° 08: Grupos de carriles comunes para el análisis.

N° de Carriles	Movimientos por carril	Grupos de movimiento (GM)	Grupos de carril (GC)
1	Izq., defr. y der.	GM 1:	GC 1:
2	Excl. Izq.	GM 1:	GC 1:
	Defr. y der.	GM 2:	GC 2:
2	Izq. y defr.	GM 1:	GC 1:
	Defr. y der.		GC 2:
3	Excl. Izq.	GM 1:	GC 1:
	Excl. Izq.		
	Defrente	GM 2:	GC 2:
	Defr. y der.		GC 3:

Fuente: (TRB 2010)

5.2.2. Paso 2: Determinación de la tasa de flujo para cada grupo de movimiento

La tasa de flujo para cada grupo de movimiento se determina en este paso. Si una vez que el movimiento es alimentado por uno o más carriles exclusivos y no hay carriles compartidos, entonces, la tasa de flujo de movimiento se asigna a un grupo de movimiento. Cualquiera de

los flujos de los accesos que aún no se han asignado a un grupo de movimiento (siguiendo la aplicación de la orientación en la frase anterior) se asigna a un grupo de movimiento.

El flujo de giro a la derecha en rojo se resta de la tasa de flujo de derecha, independientemente de si el giro a la derecha se produce a partir de un carril compartido o uno exclusivo. En una intersección ya existente, el número de giros a la derecha en rojo debe ser determinado por la observación de campo (TRB 2010).

5.2.3. Paso 3: Determinación de la tasa de flujo para cada grupo de carril

En este paso se determina la tasa de flujo por grupo de carriles. Si no hay carriles compartidos en la intersección o sólo tiene un carril, hay una correspondencia exacta entre grupo de carriles y grupo de movimiento, por lo que la tasa de flujo de los grupos de carriles será igual que la tasa de flujo de los grupos de movimientos (TRB 2010).

5.2.4. Paso 4: Determinación de la tasa de flujo de saturación ajustada

El flujo de saturación ajustado para cada carril de cada grupo de carril es calculado en este paso. El flujo de saturación base es proporcionado como una variable de entrada en este cálculo, el cual según el (TRB 2010) será de 1,900 veh/h/carril para urbes con poblaciones mayores a las 250,000 personas de lo contrario el valor por defecto será de 1,750 veh/h/carril. Este flujo de saturación base se ve afectado por varios factores de acuerdo a algunas condiciones específicas que se presentan en la intersección.

En la siguiente ecuación se puede apreciar las variables del ajuste por saturación:

$$S = S_0 \times f_W \times f_{HV} \times f_g \times f_p \times f_{bb} \times f_a \times f_{LU} \times f_{LT} \times f_{RT} \times f_{Lpb} \times f_{Rpb} \quad \text{Ec. 35}$$

Donde

S : Tasa de flujo de saturación por grupo de carriles (veh/h/carril).

S_0 : Tasa de flujo de saturación básico por carril (veh/h/carril).

f_W : Factor de ajuste por ancho de carriles.

f_{HV} : Factor de ajuste por vehículos pesados en el grupo.

f_g : Factor de ajuste por pendiente del acceso.

f_p : Factor de ajuste por estacionamientos cercanos a la intersección.

f_{bb} : Factor de ajuste por bloqueo de buses que se detienen en la intersección.

f_a : Factor de ajuste por tipo de área.

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

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

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

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

f_{Rpb} : Factor de ajuste por giros a la derecha de peatones y ciclistas.

5.2.4.1. Flujo de saturación base, S_0

La Tasa de flujo de Saturación representa el máximo caudal de una vía de circulación, medida en la línea de parada durante la indicación verde. La tasa de flujo de saturación de base representa la saturación del caudal para un carril de tráfico que es de 3.66 m de ancho y no tiene vehículos pesados, sin pendiente, no hay estacionamiento, no hay autobuses que paran en la intersección, incluso la utilización de carril, y no hay giro de vehículos.

Cuando la intersección se encuentre en un área metropolitana con 250.000 habitantes o más, la saturación base es de 1900 automóviles/carril/hora, y en otras ciudades 1750 automóviles/carril/hora (TRB 2010).

5.2.4.2. Factor de ajuste por ancho de carril, f_w

Factor de Ajuste por ancho de carril f_w cuenta el impacto negativo del carril estrecho en la tasa de flujo de saturación y permite un incremento de tasa de flujo en carriles anchos.

Tabla N° 09: Valores del factor de ajuste por ancho de carril.

Promedio de ancho de carril (m)	Factor de ajuste (f_w)
< 3	0.96
$\geq 3 - 4$	1
> 4	1.04

Fuente: (TRB 2010)

5.2.4.3. Factor de ajuste por vehículos pesados, f_{HV}

Un vehículo pesado se define como cualquier vehículo con más de cuatro neumáticos tocando el pavimento. Los autobuses locales que paran en el área de intersección no se incluyen en el recuento de vehículos pesados. El porcentaje de vehículos pesados representa el número de vehículos pesados que llegan durante el período de análisis, dividido por el número total de vehículos contados para el mismo período. Este porcentaje se proporciona para cada

intersección a la circulación del tráfico; sin embargo, un valor representativo para todos los movimientos puede ser utilizado para un análisis de la planificación.

El factor de ajuste por vehículos pesados f_{HV} considera el espacio adicional ocupado por los vehículos pesados y por la diferencia en su capacidad operativa, con respecto a los vehículos ligeros. Este factor no se refiere a la parada de buses locales en el área de intersección (TRB 2010).

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + P_{HV}(E_T - 1)} \quad \text{Ec. 36}$$

Donde:

P_{HV} : Porcentaje de vehículos pesados en el grupo de carriles

E_T : 2 (veh. equivalente / HV)

5.2.4.4. Factor de ajuste por pendiente, f_g

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

$$f_g = 1 - \frac{P_g}{200} \quad \text{Ec. 37}$$

Donde:

P_g : Pendiente en el acceso (%)

Este factor aplica para pendientes que van desde -6.0% a +10.0%. Una cuesta arriba tiene un valor positivo y una cuesta abajo tiene un valor negativo (TRB 2010).

5.2.4.5. Factor de ajuste por maniobras de estacionamiento, f_p

El factor de ajuste por maniobras de estacionamiento f_p tiene en cuenta el efecto friccionante de un carril de estacionamiento sobre el flujo del grupo de carriles adyacente al carril de estacionamiento. Esto también representa el bloqueo ocasional de un carril adyacente por los vehículos que circulan dentro y fuera de la zona de estacionamiento. Si el estacionamiento no está presente, entonces este factor tiene un valor de 1.00. Si el estacionamiento está presente, entonces el valor de este factor se calcula con la siguiente ecuación:

$$f_p = \frac{N - 0.1 - \frac{18Nm}{3600}}{N} \geq 0.050 \quad \text{Ec. 38}$$

Donde:

N : Número de carriles por grupo.

N_m : Número de maniobras de estacionamiento por hora.

La tasa de maniobra de estacionamiento corresponde a las áreas de estacionamiento directamente adyacente al grupo de carriles y dentro de 76.2 m antes de la línea de parada. Un límite práctico de 180 maniobras/h debe ser mantenido con la ecuación. Un valor mínimo de f_p de esta ecuación es de 0.050. Se asume que cada maniobra de estacionamiento (ya sea dentro o fuera) bloquea el tráfico en el carril adyacente durante un promedio de 18 segundos (TRB 2010).

5.2.4.6. Factor de ajuste para bloqueo de buses, f_{bb}

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

$$f_{bb} = \frac{N - \frac{14.4N_b}{3600}}{N} \quad \text{Ec. 39}$$

Donde:

N : Número de carriles por grupo.

N_b : Número de parada de buses en la intersección por hora.

Este factor debe usarse sólo cuando la parada de autobuses bloquea el flujo del tráfico en el grupo de carriles. Un límite práctico de 250 buses/h debe ser sustentado con la ecuación. Un mínimo valor de f_{bb} de esta ecuación es de 0.050. El factor utilizado aquí asume un promedio de tiempo de bloqueo de 14.4 s durante una indicación verde (TRB 2010).

5.2.4.7. Factor de ajuste por tipo de área, f_a

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

El factor de tipo de área f_a tiene en cuenta la ineficiencia de las intersecciones en CBDs (zonas comerciales) en comparación a aquellas situadas en otras ubicaciones. Cuando se utiliza, tiene un valor de 0.90 (TRB 2010).

5.2.4.8. Factor de ajuste por utilización de carril, f_{LU}

El factor de ajuste por utilización de carril, se utiliza para los casos en que existe un grupo de carriles con más de un carril exclusivo. Si el grupo de carril tiene un carril compartido o un solo carril exclusivo, entonces este factor es 1.0 (TRB 2010).

5.2.4.9. Factor de ajuste por giros a la derecha, f_{RT}

El factor de ajuste de giro derecha f_{RT} está destinado principalmente para reflejar el efecto de la geometría de la ruta de giro a la derecha en la tasa de flujo de saturación. El valor de este factor es calculado de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla N° 10: Valores del factor de ajuste por giros a la derecha.

f_{RT}	Descripción
0.85	Giro protegido en carril compartido o único
0.75	Giros permitidos o carril doble

Fuente: (TRB 2010)

5.2.4.10. Factor de ajuste por giros a la izquierda, f_{LT}

El factor de ajuste de giro a la izquierda f_{LT} está destinado principalmente para reflejar el efecto de la geometría de la ruta de giro a la izquierda en la tasa de flujo de la saturación. El valor de este factor es calculado de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla N° 11: Valores del factor de ajuste por giros a la izquierda.

f_{LT}	Descripción
0.95	Carril único o compartido
0.92	Carril doble
0.85	Intersección T, un carril
0.75	Intersección T, doble carril

Fuente: (TRB 2010)

5.2.4.11. Factor de ajuste por giros a la derecha de peatones y ciclistas, f_{Rpb}

Para determinar estos factores se determinará el promedio de ocupación por los peatones y por los ciclistas, la ocupación de la zona relevante en conflicto (tanto para peatones como para ciclistas) y, por último, proceder a calcular el factor de ajuste (TRB 2010).

5.2.4.11.1. Promedio de ocupación de los peatones

Para determinar el flujo de peatones durante un tiempo de servicio de los mismos (V_{pedg}) se utilizará la siguiente ecuación:

$$V_{pedg} = V_{ped} \cdot \left(\frac{C}{g_{ped}} \right) \leq 5000 \quad \text{Ec. 40}$$

En donde:

V_{pedg} : Flujo de peatones durante el tiempo de servicio (p/h)

V_{ped} : Flujo de peatones en el cruce (en ambas direcciones) (p/h)

C : Ciclo (seg)

g_{ped} : Tiempo de servicio de peatones (seg)

Si el flujo de peatones durante el tiempo de servicio es menor o igual a 1000 p/h, la ocupación de peatones se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$OCC_{pedg} = \frac{V_{pedg}}{2000} \quad \text{Ec. 41}$$

Sin embargo, si el flujo de peatones es superior a 1000 p/h, entonces se sigue la siguiente ecuación:

$$OCC_{pedg} = 0.4 + \frac{V_{pedg}}{10000} \leq 0.90 \quad \text{Ec. 42}$$

5.2.4.11.2. Promedio de ocupación por los ciclistas

Este promedio se realiza de la misma forma que para la determinación de la ocupación promedio de peatones. A continuación, se muestra la fórmula para calcular el flujo de ciclistas durante la fase verde:

$$V_{bicg} = V_{bic} \cdot \left(\frac{C}{g} \right) \leq 1900 \quad \text{Ec. 43}$$

En donde:

V_{bicg} : Flujo de ciclistas durante la fase de verde (ciclistas/h)

V_{bic} : Flujo de ciclistas (ciclistas/h)

C : Ciclo (seg)

g : Tiempo efectivo de verde (seg)

Obtenido el flujo de ciclistas/h, se calcula el promedio de ocupación de ciclistas con la siguiente ecuación:

$$OCC_{bicg} = 0.02 + \frac{V_{bicg}}{2700} \quad \text{Ec. 44}$$

5.2.4.11.3. Zonas de conflictos ocupacional relevantes

Con la ecuación **Ec. 53** que se muestra a continuación, se determina la zona de conflicto de la zona de ocupación utilizado para los movimientos de giros a la derecha sin interferencia de ciclistas:

$$OCC_r = \left(\frac{g_{ped}}{g}\right) \cdot OCC_{pedg} \quad \text{Ec. 45}$$

Y la siguiente ecuación se utiliza para movimientos de giro a la derecha cuando hay presencia de peatones y ciclistas:

$$OCC_r = \left(\frac{g_{ped}}{g}\right) \cdot OCC_{pedg} + OCC_{bicg} - \left(\frac{g_{ped}}{g}\right) \cdot OCC_{pedg} \cdot OCC_{bicg} \quad \text{Ec. 46}$$

5.2.4.11.4. Factor de ajuste f_{Lpb} y f_{Rpb}

Por último, para determinar el factor de ajuste (f_{Lpb} y f_{Rpb}), tanto para el movimiento de giro a la derecha como para el giro a la izquierda, se ha de determinar previamente los factores de ajuste para movimientos de giro en la fase permitida de peatones y ciclistas (A_{pbT}).

El número de carriles de cruce (N_{turn}) y de carriles receptores (N_{rec}) debe ser determinado por medio de observaciones de campo, ya que algunos vehículos pueden realizar giros ilegales desde un carril exterior o debido a que los movimientos de giro apropiados se encuentran obstaculizados por el estacionamiento de vehículos en doble fila. Por tanto, se consideran dos condiciones:

- Si el número de carriles receptores es igual al número de carriles de giro, los vehículos que giren tendrán la posibilidad de maniobrar esquivando ciclistas y peatones; el factor de ajuste entonces es la proporción del tiempo que la zona de conflicto está desocupada. Esto se muestra en la siguiente ecuación:

$$A_{pbT} = 1 - OCC_r \quad \text{Ec. 47}$$

- Si el número de carriles receptores excede del número de carriles de giro, los vehículos que giran pueden maniobrar para esquivar los peatones y ciclistas, reduciendo los efectos de la intensidad de saturación de peatones y ciclistas. Este caso se utilizar la siguiente ecuación:

$$A_{pbT} = 1 - 0.6(OCC_r) \quad \text{Ec. 48}$$

Una vez determinado este factor, para determinar el factor de ajuste en los giros a la derecha por cruce de peatones y ciclistas tenemos que:

$$f_{Rpb} = A_{pbT} \quad \text{Ec. 49}$$

5.2.4.12. Factor de ajuste por giros a la izquierda de peatones y ciclistas, f_{Lpb}

El Factor de ajuste por giros a la izquierda de peatones y ciclistas, f_{Lpb} se determina siguiendo el mismo procedimiento del **punto 6.2.4.11**, y aplicando la siguiente ecuación:

$$f_{Lpb} = A_{pbT} \quad \text{Ec. 50}$$

5.2.5. Paso 5: Determinar la proporción que llegan durante la fase verde

La demora de control y tamaño de la cola en una intersección señalizada son altamente dependientes de la proporción de vehículos que llegan durante el verde y rojo.

La demora y tamaño de la cola son más pequeños cuando una mayor proporción de vehículos llegan durante la indicación verde. La siguiente ecuación se utiliza para calcular esta proporción para cada grupo de carril.

$$P = R_p(g/C) \quad \text{Ec. 51}$$

Donde:

P = La proporción de vehículos que llegan durante la indicación verde

R_p = Relación de Pelotón

g = Tiempo de verde efectivo (s)

C = Duración de ciclo (s)

Sin embargo, el valor de P puede ser estimado u observado en campo y no debe ser mayor que

1. Los rangos aproximados de R_p se relacionan con el tipo de llegada como se observa en la

Tabla N° 12, que también sugiere valores por defecto para su uso en cálculos posteriores:

Tabla N° 12: Relación entre tipo de llegada y relación de pelotón.

Tipo de Llegada	Rango de Relación de Pelotón (R_p)	Valor por defecto	Calidad de Progresión
1	≤ 0.50	0.333	Muy Pobre
2	$> 0.50 - 0.85$	0.667	Desfavorable
3	$> 0.85 - 1.15$	1	Llegadas Aleatorias
4	$> 1.15 - 1.50$	1.333	Favorable
5	$> 1.50 - 2.00$	1.667	Altamente Favorable
6	> 2.00	2	Excepcional

Fuente: (TRB 2010)

5.2.6. Paso 6: Determinar la duración de la fase de semáforo

La duración de fase de semáforo depende del tipo de control utilizado en la intersección. Si la intersección tiene un control prefijado entonces la duración de fase es una entrada y este paso se omite (TRB 2010).

5.2.7. Paso 7: Determinación de la capacidad y la razón de volumen-capacidad

5.2.7.1.Capacidad, c

La capacidad de las intersecciones está basada en el concepto de intensidad de saturación, proporción de verde efectivo del grupo de carriles y número de carriles.

Por tanto, para hallar la capacidad de cada grupo de carriles se utilizará la siguiente ecuación.

$$c = N \times S \times \left(\frac{g}{c}\right) \quad \text{Ec. 52}$$

En donde:

c : Capacidad del grupo de carriles (veh/h)

N : Número de carriles

S : Intensidad de saturación (veh/h)

g/c : Proporción de verde efectivo del grupo de carriles

(TRB 2010)

5.2.7.2.Proporción volumen – capacidad, X

Una vez calculada la capacidad de cada grupo de carriles, podemos calcular la proporción volumen – capacidad de la siguiente manera:

$$X = \left(\frac{v}{c}\right) \quad \text{Ec. 53}$$

Donde:

X : Proporción volumen – capacidad.

v : Flujo de demanda (veh/h)

c : Capacidad (veh/h)

(TRB 2010)

5.2.7.3. Proporción volumen – capacidad crítica, X_c

Posteriormente podemos calcular otro concepto importante en el análisis de intersecciones semaforizadas, como es la proporción volumen – capacidad crítica en la intersección (X_c), la cual se calcula aplicando la siguiente ecuación:

$$X_c = \left(\frac{C}{C-L} \right) \sum_{i \in C_i} Y_{c,i} \quad \text{Ec. 54}$$

Donde:

X_c = Proporción volumen – capacidad crítica de la intersección.

C = Duración del ciclo (s).

$Y_{c,i}$ = Razón de flujo crítico de la fase i

C_i = Conjunto de fases críticas.

Con:

$$L = \sum_{i \in C_i} l_{t,i} \quad \text{Ec. 55}$$

Donde:

L : Tiempo perdido del ciclo (s).

$l_{t,i}$: Tiempo perdido de la fase “ i ” = $l_{1,i} + l_{2,i}$ (s).

Donde:

$l_{1,i}$: Tiempo perdido puesta en marcha, $l_{1,i} = 2.0$ (s)

$$l_{2,i} = y + R_c - e$$

y : Tiempo de ámbar (s)

R_c : Intervalo Todo Rojo (TR) (s)

e : Extensión de verde efectivo, $e = 2.0$ (s)

El término sumatorio en cada una de estas ecuaciones representa la suma de una variable específica para el conjunto de las fases críticas. Una fase crítica es una fase de un conjunto de fases que se produce en secuencia y cuya tasa de flujo combinado es la más larga para el ciclo de la señal. La Ecuación **Ec. 54** se basa en la suposición de que cada fase crítica tiene la misma razón volumen-capacidad y que esta relación es igual a la razón crítica volumen-capacidad de la intersección (TRB 2010).

5.2.8. Paso 8: Determinar demoras

La demora calculada en este paso representa las demoras por control promedio experimentadas por todos los vehículos que llegan durante el período de análisis. Incluye cualquier demora por estos vehículos que están todavía en la cola después de que finalice el periodo de análisis. El control de demora para un determinado grupo de carriles se calcula utilizando la ecuación:

$$d = d_1 + d_2 + d_3 \quad \text{Ec. 56}$$

Donde:

d : Demora por control (s/veh)

d_1 : Demora uniforme (s/veh)

d_2 : Demora incremental (s/veh)

d_3 : Demora por cola inicial (s/veh)

(TRB 2010)

5.2.8.1. Demora uniforme

La siguiente ecuación representa una forma para calcular la demora cuando las llegadas son asumidas aleatoriamente a lo largo de todo el ciclo. También asume un período verde efectivo durante el ciclo y una tasa de flujo de saturación durante este período.

$$d_1 = \frac{0.5C(1-g/C)^2}{1-[\min(1,X)g/C]} \quad \text{Ec. 57}$$

Donde:

d_1 : Demora uniforme (seg/veh)

C : Duración del ciclo (seg)

g : Tiempo de verde efectivo (seg)

X : Relación Volumen – Capacidad

(TRB 2010)

5.2.8.2. Demora incremental

La siguiente ecuación se utiliza para estimar la demora incremental debido a llegadas no uniformes y fallas en los ciclos (demoras aleatorias) así como las demoras causadas por periodos con sobresaturación (demora por sobresaturación). La ecuación asume que no hay

demanda insatisfecha que genere colas iniciales en el principio de periodo analizado (T). La ecuación para hallar la demora incremental (d_2) es válida para cualquier valor de X , incluyendo a los grupos de carriles con alta sobresaturación.

$$d_2 = 900T \left[(X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{8klX}{cT}} \right] \quad \text{Ec. 58}$$

Donde:

d_2 : Demora incremental (seg/veh)

T : Duración del periodo de análisis (h)

k : Factor de la demora incremental que depende de la configuración del controlador

l : Factor de ajuste por tipo de ingreso a la intersección aguas arriba.

c : Capacidad del grupo de carriles (veh/h)

X : Relación volumen – capacidad o grado de saturación del grupo de carriles

A continuación se describe el cálculo de los factores k y l :

5.2.8.2.1. Factor de ajuste para demora incremental, k

Para semáforos programados se utiliza un valor de igual a 0.5 basado en una formación de cola con llegadas aleatorias y un servicio uniforme equivalente a la capacidad del carril.

5.2.8.2.2. Factor de ajuste por ingreso aguas arriba, l

El factor de ajuste l en la **Ec. 58** representa el efecto de llegadas filtradas desde semáforos aguas arriba.

Un valor de 1.0 es usado para una intersección aislada (por ejemplo, una que se encuentre a 1.6 km o más de la intersección semaforizada aguas arriba). Este valor se basa en un número aleatorio de vehículos llegando por ciclo, tal que la variación de las llegadas sea igual al promedio.

Un valor menor a 1,0 es usado para intersecciones no aisladas. Este valor refleja la forma en que los semáforos aguas arriba disminuyen la variación en el número de llegadas por ciclo en la intersección analizada aguas abajo. Como resultado, la demora debido a llegadas aleatorias disminuye.

La siguiente ecuación es utilizada para intersecciones no aisladas.

$$l = 1.0 - X_u^{2.68} \quad \text{Ec. 59}$$

Donde:

X_u : Grado de saturación en intersecciones aguas arriba

(TRB 2010)

5.2.8.3. Demora por cola inicial

Si ningún grupo de carriles tiene una cola inicial, entonces la demora de la cola inicial d_3 es igual a 0.0 s/veh. Si una cola inicial está presente para cualquier grupo de carriles en la intersección, entonces la demora por cola inicial para cada grupo de carriles se calcula de la siguiente manera:

$$d_3 = \frac{3600}{vT} \left(t_A \frac{Q_b + Q_e - Q_{eo}}{2} + \frac{Q_e^2 + Q_{eo}^2}{2C_A} - \frac{Q_b^2}{2C_A} \right) \quad \text{Ec. 60}$$

Con:

$$Q_e = Q_b + t_A(v - C_A)$$

Y:

Si $v \geq C_A$, entonces:

$$Q_{eo} = T(v - C_A)$$

$$t_A = T$$

Si $v < C_A$, entonces:

$$Q_{eo} = 0.0 \text{ veh}$$

$$t_A = \frac{Q_b}{C_A - v} \leq T$$

Donde:

t_A : Duración ajustada de demanda insatisfecha en el periodo de análisis (h)

Q_b : Cola inicial al comienzo del período de análisis (veh)

Q_e : Cola al final del período de análisis (veh)

Q_{eo} : Cola al final del período de análisis cuando $v \geq C_A$ y $Q_b = 0.0$ (veh)

C_A : Capacidad de grupo de carriles promedio

v : Flujo de demanda (veh/h)

5.2.8.4. Demora promedio de la intersección

A menudo es necesario calcular la demora de control promedio para toda la intersección. Este retraso acumulado representa un retraso promedio ponderado, y se determina con la siguiente expresión:

$$d_I = \frac{\sum(d_i)(v_i)}{\sum v_i} \quad \text{Ec. 61}$$

Donde:

d_I : Demora promedio de la intersección

d_i : Demora en el grupo de carriles i

v_i : Flujo de demanda vehicular en el grupo de carriles i

5.2.9. Paso 9. Determinar El nivel de servicio

Finalmente, con la demora total obtenida determinamos el Nivel de Servicio de la intersección, utilizando la **Tabla N° 06**.

5.3. ANÁLISIS POR EL MODO PEATÓN EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

5.3.1. Paso 1: Determinar el área de circulación de la esquina de la calle

A. Calcular el tiempo – espacio disponible

El tiempo – Espacio disponible se calcula con la siguiente ecuación.

$$TS_{corner} = C(W_a W_b - 0.215R^2) \quad \text{Ec. 62}$$

Donde:

TS_{corner} : Tiempo – Espacio esquina disponible ($ft^2 - s$)

C : Longitud del ciclo (s)

W_a : Ancho total de la acera A (ft)

W_b : Ancho total de la acera B (ft)

R : radio del borde de la esquina (ft)

B. Calcular el tiempo de espera en el área de espera

El tiempo promedio de espera de peatones representa el tiempo promedio que los peatones esperan para cruzar la calle cuando salen de la esquina. La ecuación para calcular este tiempo

se basa en el supuesto de que las llegadas de peatones se distribuyen uniformemente durante el ciclo.

$$Q_{tco} = \frac{N_{co}(C - g_{Walk,mj})^2}{2C} \quad \text{Ec. 63}$$

Con:

$$N_{co} = \frac{v_{co}}{3600} C \quad \text{Ec. 64}$$

Donde:

Q_{tco} : Tiempo total invertido por los peatones que esperan cruzar la calle menor durante un ciclo (p-s)

N_{co} : Número de peatones que llegan a la esquina de cada ciclo para cruzar la calle menor (p)

$g_{Walk,mj}$: Tiempo de caminata efectivo para la fase que sirve a la calle principal a través de movimiento (s)

C : Longitud de ciclo (s)

v_{co} : Caudal de peatones que llegan a la esquina para cruzar la calle menor (p/h)

El Tiempo de caminata efectivo para la fase que sirve a la calle menor se determina con la siguiente ecuación.

$$g_{Walk,mj} = Walk_{mj} + 4 \quad \text{Ec. 65}$$

Donde:

$g_{Walk,mj}$: Tiempo de caminata efectivo para la fase que sirve a la calle principal (s)

$Walk_{mj}$: Duración de la caminata (s)

C. Calcular el tiempo - espacio de circulación

$$TS_c = TS_{corner} - [5.0(Q_{tdo} + Q_{tco})] \quad \text{Ec. 66}$$

Donde:

TS_c : Espacio de tiempo disponible para peatones circulantes ($ft^2 - s$)

D. Calcular el área de circulación de esquinas peatonales

$$M_{corner} = \frac{TS_c}{4.0N_{tot}} \quad \text{Ec. 67}$$

Con:

$$N_{tot} = \frac{v_{ci} + v_{co} + v_{di} + v_{do} + v_{a,b}}{3600} C \quad \text{Ec. 68}$$

Donde:

- M_{corner} : Área de circulación en esquina por peatón (ft^2/s)
- N_{tot} : Número total de peatones circulantes que llegan a cada ciclo (p)
- v_{ci} : Caudal de peatones que llegan a la esquina después de cruzar la calle menor (p/h)
- v_{co} : Caudal de peatones que llegan a la esquina para cruzar la calle menor (p/h)
- v_{do} : Caudal de peatones que llegan a la esquina para cruzar la calle principal (p/h)
- v_{di} : Caudal de peatones que llegan a la esquina después de cruzar la calle principal (p/h)
- $v_{a,b}$: Caudal de peatones que viajan por la esquina de la acera A a la acera B, o viceversa

5.3.2. Paso 2: Determinar el área de circulación del paso de peatones

El análisis realizado en este paso describe el área de circulación para peatones en el cruce peatonal.

A. Establecer la velocidad de caminar

El HCM 2010 determina que la velocidad promedio para caminar es de 4.0 pies / s.

B. Calcular el tiempo-espacio disponible

El tiempo-espacio disponible en el cruce de peatones se determina con la siguiente ecuación.

$$TS_{cw} = L_c W_c g_{walk,mj} \quad \text{Ec. 69}$$

Donde:

- TS_{cw} : Espacio - tiempo de cruce de peatones disponible ($ft^2 - s$)
- L_c : Longitud del paso de peatones C (ft)
- W_c : Ancho efectivo del paso de peatones C (ft)
- $g_{walk,mj}$: Tiempo de caminata efectivo para la fase que sirve a la calle principal (s)

C. Calcular el tiempo-espacio efectivo disponible

El tiempo – espacio efectivo disponible se determina con la siguiente ecuación.

$$TS_{cw}^* = TS_{cw} - TS_{tv} \quad \text{Ec. 70}$$

Con:

$$TS_{tv} = 40N_{tv}W_c \quad \text{Ec. 71}$$

Y:

$$N_{tv} = \frac{v_{lt,perm} + v_{rt} - v_{rtor}}{3600} C \quad \text{Ec. 72}$$

Donde:

TS_{cw}^* : El tiempo-espacio disponible para el cruce de peatones ($ft^2 - s$)

TS_{tv} : Espacio-tiempo ocupado por vehículos de giro ($ft^2 - s$)

N_{tv} : Número de vehículos que giran durante la marcha y pasos de peatones (veh)

$v_{lt,perm}$: Flujo de vehículos que giran a la izquierda (veh/h)

v_{rt} : Flujo de vehículos que giran a la derecha (veh/h)

v_{rtor} : Flujo de giro a la derecha en rojo (veh/h)

D. Calcular el tiempo de servicio peatonal

El tiempo total de servicio se calcula con la ecuación **Ec. 73** o la ecuación **Ec. 74**, dependiendo del ancho del paso de peatones.

Si el ancho del cruce peatonal W_d es mayor que 10 ft, entonces:

$$t_{ps,co} = 3.2 + \frac{L_d}{S_p} + 2.7 \frac{N_{ped,co}}{W_c} \quad \text{Ec. 73}$$

Si el ancho del cruce peatonal W_d es menor o igual a 10 pies, entonces:

$$t_{ps,co} = 3.2 + \frac{L_d}{S_p} + 0.27N_{ped,co} \quad \text{Ec. 74}$$

Con:

$$N_{ped,co} = N_{co} \frac{C - g_{walk,mj}}{C} \quad \text{Ec. 75}$$

Donde:

$t_{ps,co}$: Tiempo de servicio para los peatones que llegan a la esquina para cruzar la calle menor

$N_{ped,co}$: Número de peatones esperando en la esquina para cruzar la calle menor (p)

E. Calcular el tiempo de ocupación del paso de peatones

$$T_{occ} = T_{ps,co}N_{co} + t_{ps,ci}N_{ci} \quad \text{Ec. 76}$$

Con:

$$N_{ci} = \frac{v_{ci}}{3600} C \quad \text{Ec. 77}$$

Donde:

T_{occ} : Tiempo de ocupación del paso de peatones (p-s)

N_{ci} : Número de peatones que llegan a la esquina de cada ciclo después de haber cruzado la calle menor (p)

F. Calcular el área de circulación peatonal por peatón

$$M_{cw} = \frac{TS_{cw}^*}{T_{occ}} \quad \text{Ec. 78}$$

Donde:

M_{cw} : El área de circulación de peatones por peatón (ft^2/p).

5.3.3. Paso 3: Determinar el retraso del peatón

$$d_p = \frac{(C - g_{walk,mi})^2}{2C} \quad \text{Ec. 79}$$

Donde:

d_p : Retraso de peatón (s/p)

5.3.4. Paso 4: Determinar la puntuación de nivel de servicio para peatones en la intersección

$$I_{p,int} = 0.5997 + F_w + F_v + F_s + F_{delay} \quad \text{Ec. 80}$$

Con:

$$F_w = 0.681(N_c)^{0.514} \quad \text{Ec. 81}$$

$$F_v = 0.00569 \left(\frac{v_{rtor} + v_{lt,perm}}{4} \right) - N_{rtci,c} (0.0027n_{15,mi} - 0.1946) \quad \text{Ec. 82}$$

$$F_s = 0.00013n_{15,mi}S_{85,mi} \quad \text{Ec. 83}$$

$$F_{delay} = 0.0401 \ln(d_{p,c}) \quad \text{Ec. 84}$$

$$n_{15,mi} = \frac{0.25}{N_c} \sum_{i \in m_c} v_i \quad \text{Ec. 85}$$

Donde:

$I_{p,int}$:	Puntuación de nivel de servicio para peatones en la intersección
F_w :	Factor de ajuste de la sección transversal
F_v :	Factor de ajuste del volumen del vehículo motorizado
F_s :	Factor de ajuste de velocidad del vehículo motorizado
F_{delay} :	Factor de ajuste de retraso peatonal
N_c :	Número de carriles de tráfico al cruzar el paso de peatones C (carriles)
$N_{rtci,c}$:	Número de islas de canalización a la derecha a lo largo del cruce peatonal C
$n_{15,mi}$:	Número de vehículos que viajan en la calle menor durante un período de 15 min (veh/carril)
$S_{85,mi}$:	Velocidad del percentil 85 en una ubicación de segmento medio en la calle menor (mi/h)
$d_{p,c}$:	Retraso peatonal al cruzar el paso de peatones C (s/p)
v_i :	Tasa de flujo de demanda para el movimiento i (veh/h)
m_c :	Conjunto de todos los movimientos de automóviles que cruzan el Paso de peatones C

5.3.5. Paso 5: Determinar el nivel de servicio

El nivel de servicio de peatones se determina mediante el uso de la puntuación de Nivel de Servicio de peatones del Paso 4. Esta medida de rendimiento se compara en la **Tabla N° 13** para determinar el nivel de servicio del cruce peatonal analizado.

Tabla N° 13: Nivel de servicio de cruce peatonal

NIVEL DE SERVICIO	PUNTUACIÓN DE NIVEL DE SERVICIO
A	≤ 2.00
B	$>2.00 - 2.75$
C	$>2.75 - 3.50$
D	$>3.50 - 4.25$
E	$>4.25 - 5.00$
F	>5.00

Fuente: (TRB 2010)

6. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- **Infraestructura vial:** Es el conjunto de elementos que permite el desplazamiento de vehículos en forma segura y eficiente desde un lugar a otro.
- **Intersecciones Viales:** Son áreas comunes a dos o más vías que se cruzan al mismo nivel o a desnivel.
- **Tránsito:** Fenómeno ocasionado por la presencia de vehículos, personas que circulan por una autopista, calle o avenida.
- **Vehículo motorizado:** Aparato con motor que se mueve sobre el suelo, en el agua o el aire y sirve para transportar cosas o personas.
- **Peatón:** Persona que va a pie por una vía pública.
- **Ciclista:** Persona que va montada en bicicleta de un lugar a otro en la vía pública.
- **Velocidad:** Es la rapidez del movimiento expresada en términos de distancia recorrida por unidad de tiempo (km/h, Mi/h, etc)
- **Velocidad de flujo libre:** Representa la velocidad promedio de los vehículos que viajan a través de un segmento en condiciones de bajo volumen y sin demora.
- **Demora por control:** Es aquella demora provocada por la presencia de un dispositivo de control de tránsito, como por ejemplo un semáforo.
- **Acceso:** Carril o grupo de carriles por el cual transita un flujo vehicular que colinda con otros accesos generando una intersección.
- **Calzada:** Parte de la vía destinada a la circulación de vehículos. Está compuesta por un determinado número de carriles.
- **Carril:** Franja longitudinal en que está dividida la calzada, delimitada o no por señalización vial.
- **Capacidad vial:** Máximo número de vehículos que tiene razonables probabilidades de pasar por una sección dada de una calzada o un carril durante un periodo de tiempo dado.
- **Calidad de servicio:** Describe lo bien que opera una instalación de transporte desde la perspectiva del viajero.
- **Conductor:** Sujeto que maneja o va al mando de un vehículo.

- **Hora punta:** Hora en que se presenta la intensidad vehicular más cargada.
- **Factor de hora punta:** La relación entre la intensidad de la hora completa y la intensidad correspondiente al periodo más cargado dentro de dicha hora
- **Ciclo:** es la secuencia completa de indicaciones de un semáforo, es decir el tiempo total que se suma de “verde”, “ámbar” y “rojo”.
- **Duración de ciclo:** es el tiempo total que necesita el semáforo para completar un ciclo, expresado en segundos.
- **Intervalo:** es el período de tiempo en el que todas las indicaciones semaforicas permanecen constantes.
- **Fase:** es el tiempo durante el cual no se produce ningún cambio de color en los semáforos.
- **Tiempo de “ámbar”:** es el tiempo que transcurre entre el cambio de verde a rojo, actualmente fijo con una duración de 3 a 4 segundos.
- **Tiempo de cambio:** intervalos de “ámbar” más el “todo rojo” con el fin de que la intersección quede totalmente despejada, para que se puedan poner en funcionamiento el tiempo de “verde”, el tiempo de “verde” efectivo, y el tiempo de “rojo” efectivo.
- **Tiempo de “verde” efectivo:** es el tiempo de verde más el intervalo de cambio menos el tiempo perdido de fase, expresado en segundos.
- **Tiempo de rojo “efectivo”:** es el tiempo durante el cual no se permite la circulación, algún movimiento específico o un conjunto de movimientos. Es la duración del ciclo menos el tiempo de verde efectivo para una fase específica, expresado en segundos.
- **Nivel de servicio:** Medida cualitativa descriptiva de las condiciones de circulación de una corriente de tráfico.
- **Segmento vial:** longitud de camino entre dos puntos de la vía (intersecciones)
- **Intersección aguas arriba:** Intersección límite del segmento vial ubicada en sentido contrario al tránsito vehicular.
- **Intersección aguas abajo:** Intersección límite del segmento vial ubicada en dirección al tránsito vehicular.
- **Ramal:** Es un acceso a la intersección.

2.1. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA VÍA

2.1.1. NIVELACIÓN DEL EJE DE LA VÍA

Con ayuda de un nivel de Ingeniero se realizó la nivelación topográfica del eje central de los tramos N° 01 y N° 02 considerados para la investigación para determinar las pendientes de cada tramo y su perfil longitudinal (ver Planos N°03 y N°04). A continuación, se muestran los datos obtenidos en la nivelación:

Tabla N° 15: Progresivas y cotas de los tramos analizados.

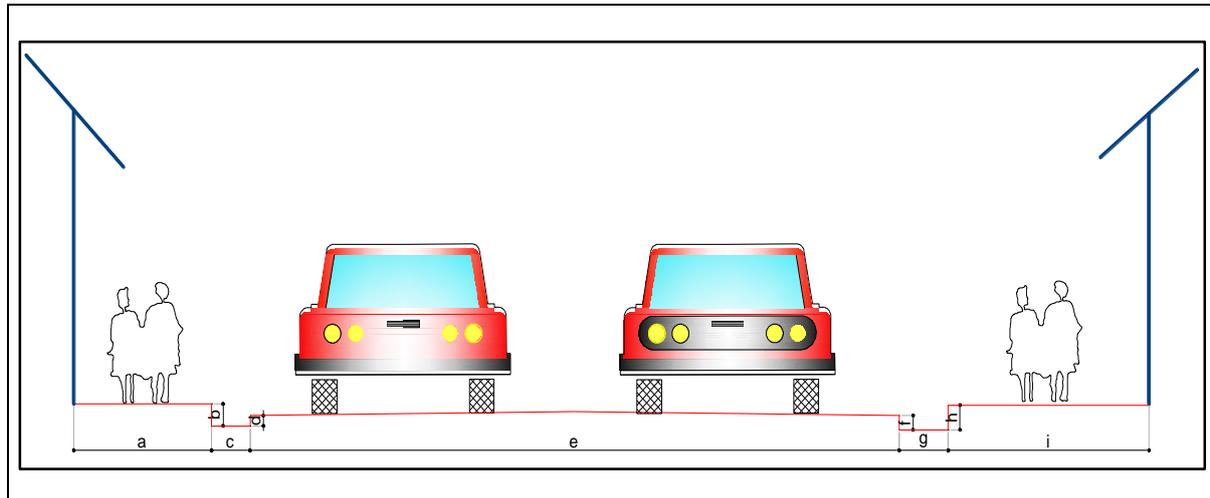
TRAMO N° 01		TRAMO N° 02	
Av. El Maestro – Jr. 2 de Mayo		Jr. Del Batán – Jr. Horacio Urteaga	
PROGRESIVA	COTA	PROGRESIVA	COTA
0+000	2726.32	0+000	2729.22
0+020	2726.34	0+020	2729.64
0+040	2726.27	0+040	2729.95
0+060	2726.20	0+060	2730.12
0+080	2726.30	0+080	2730.24
0+100	2726.53	0+100	2730.33
0+120	2726.78	0+120	2730.35
0+140	2727.04	0+140	2730.49
0+160	2727.32	0+160	2730.59
0+180	2727.61	0+180	2730.72
0+200	2727.81	0+200	2730.88
0+220	2728.14	0+220	2731.04
0+240	2728.38	0+240	2731.20
0+260	2728.66	0+260	2731.54
0+280	2728.94	0+280	2731.87
0+300	2729.17	0+300	2732.25
0+320	2729.32	0+320	2732.68
0+340	2729.32	0+340	2733.09
0+360	2729.33	0+360	2733.49
0+380	2729.19	0+380	2733.93
0+400	2729.00	0+400	2734.38
0+420	2728.85	0+420	2734.79
0+440	2728.64	0+440	2735.24
0+460	2728.43	0+460	2735.72
0+480	2728.28	0+480	2735.91
0+500	2728.15	0+489	2736.09
0+520	2728.04		
0+540	2727.94		
0+550	2727.89		

Fuente: Propia

2.1.2. SECCIONES TRANSVERSALES TÍPICAS

Para determinar las secciones transversales típicas del jirón Amalia Puga se realizó las medidas correspondientes de ambos tramos en intervalos cada 20m. A continuación, se muestran las secciones típicas de cada tramo.

Tabla N° 16: Secciones típicas del tramo N° 01.

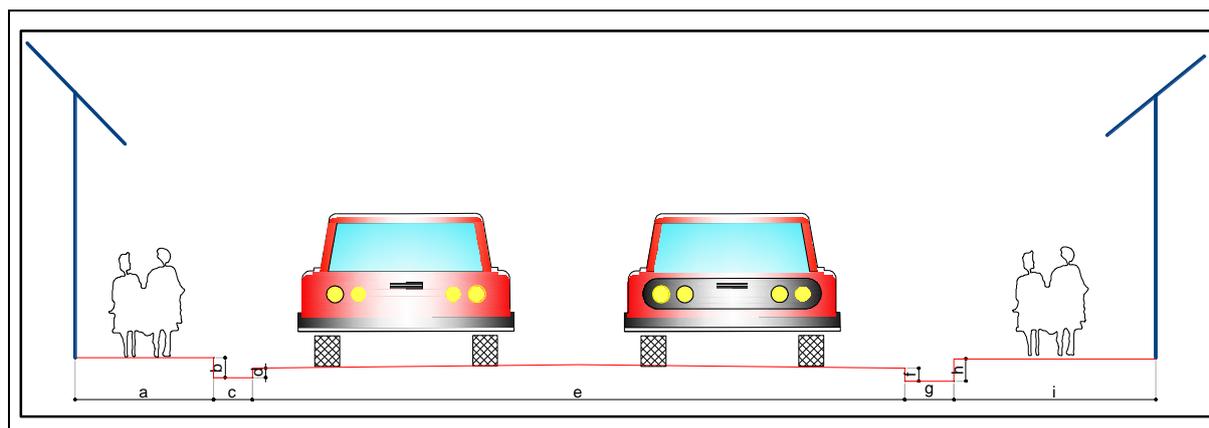


PROGRESIVA	Longitud (m)								
	a	b	c	d	e	f	g	h	i
0+000	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0+020	1.40	0.21	0.33	0.08	6.26	0.10	0.36	0.22	1.58
0+040	1.40	0.22	0.33	0.08	6.26	0.10	0.37	0.22	1.57
0+060	1.62	0.17	0.33	0.08	6.03	0.10	0.35	0.19	1.61
0+080	1.50	0.26	0.37	0.10	5.70	0.09	0.34	0.17	1.86
0+100	1.48	0.25	0.36	0.09	5.65	0.08	0.33	0.18	1.83
0+120	1.46	0.26	0.36	0.10	5.62	0.08	0.33	0.18	1.80
0+140	1.45	0.27	0.38	0.08	5.61	0.08	0.34	0.19	1.85
0+160	1.40	0.24	0.34	0.08	5.60	0.09	0.35	0.17	1.82
0+180	1.41	0.26	0.35	0.10	5.61	0.09	0.35	0.19	1.86
0+200	1.45	0.17	0.34	0.09	5.57	0.08	0.34	0.20	1.85
0+220	1.52	0.18	0.34	0.10	5.58	0.09	0.33	0.20	1.80
0+240	1.50	0.18	0.35	0.09	5.62	0.08	0.32	0.18	1.81
0+260	1.43	0.17	0.35	0.09	5.55	0.08	0.34	0.23	1.89
0+280	1.45	0.17	0.35	0.10	5.58	0.09	0.32	0.22	1.85
0+300	1.40	0.16	0.34	0.10	5.56	0.08	0.34	0.19	1.83
0+320	1.33	0.17	0.34	0.10	5.57	0.08	0.34	0.18	1.85
0+340	1.78	0.22	0.34	0.07	5.83	0.08	0.34	0.18	2.03
0+360	1.77	0.22	0.33	0.08	5.81	0.08	0.33	0.17	1.98
0+380	1.79	0.31	0.35	0.10	6.05	0.09	0.32	0.18	1.85
0+400	1.80	0.31	0.36	0.12	6.11	0.09	0.33	0.16	1.75
0+420	1.65	0.20	0.34	0.09	6.14	0.09	0.34	0.18	1.98
0+440	1.64	0.23	0.35	0.09	6.12	0.08	0.33	0.19	2.01
0+460	1.60	0.21	0.36	0.09	6.15	0.08	0.34	0.18	2.01
0+480	1.60	0.18	0.32	0.08	6.24	0.09	0.35	0.18	2.08

PROGRESIVA	Longitud (m)								
	a	b	c	d	e	f	g	h	i
0+500	1.56	0.18	0.35	0.09	6.25	0.09	0.32	0.18	2.08
0+520	1.57	0.15	0.35	0.08	6.30	0.09	0.33	0.17	2.06
0+540	1.55	0.15	0.35	0.09	6.34	0.10	0.33	0.17	2.10
0+550	1.53	0.13	0.34	0.09	6.35	0.10	0.34	0.18	2.11

Fuente: Propia

Tabla N° 17: Secciones típicas del tramo N° 02.



PROGRESIVA	Longitud (m)								
	a	b	c	d	e	f	g	h	i
0+000	1.49	0.19	0.35	0.08	5.34	0.07	0.34	0.22	1.48
0+020	1.46	0.19	0.34	0.08	5.34	0.07	0.34	0.22	1.50
0+040	1.47	0.20	0.36	0.09	5.35	0.08	0.33	0.20	1.49
0+060	1.49	0.19	0.35	0.08	5.31	0.08	0.33	0.21	1.48
0+080	1.48	0.10	0.34	0.09	5.30	0.08	0.34	0.20	1.50
0+100	1.47	0.20	0.35	0.08	5.32	0.07	0.34	0.21	1.50
0+120	1.50	0.21	0.35	0.08	5.24	0.08	0.37	0.20	1.45
0+140	1.52	0.21	0.35	0.09	5.29	0.08	0.37	0.20	1.41
0+160	1.58	0.20	0.36	0.09	5.26	0.09	0.36	0.19	1.40
0+180	1.56	0.20	0.36	0.08	5.27	0.08	0.36	0.21	1.38
0+200	1.56	0.21	0.36	0.08	5.24	0.09	0.37	0.21	1.33
0+220	1.57	0.21	0.35	0.08	5.24	0.09	0.37	0.20	1.29
0+240	1.56	0.22	0.37	0.08	5.23	0.08	0.38	0.21	1.35
0+260	1.58	0.20	0.35	0.09	5.23	0.08	0.38	0.22	1.48
0+280	1.64	0.20	0.37	0.08	5.21	0.08	0.36	0.22	1.62
0+300	1.54	0.21	0.35	0.08	5.20	0.09	0.38	0.20	1.59
0+320	1.50	0.21	0.34	0.08	5.22	0.09	0.37	0.20	1.59
0+340	1.42	0.22	0.33	0.08	5.24	0.08	0.38	0.18	1.59
0+360	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0+380	1.42	0.18	0.33	0.08	5.26	0.08	0.38	0.17	1.52
0+400	1.42	0.17	0.35	0.08	5.28	0.09	0.36	0.17	1.54
0+420	1.42	0.18	0.35	0.09	5.28	0.08	0.36	0.18	1.51
0+440	1.42	0.20	0.34	0.09	5.26	0.09	0.37	0.18	1.47
0+460	1.42	0.16	0.33	0.08	5.30	0.08	0.38	0.19	1.42

PROGRESIVA	Longitud (m)								
	a	b	c	d	e	f	g	h	i
0+480	1.5	0.14	0.34	0.08	5.34	0.08	0.38	0.28	1.35
0+489	1.52	0.15	0.35	0.09	5.33	0.08	0.37	0.26	1.42

Fuente: Propia

2.1.3. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LAS INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

Las características geométricas de las intersecciones semaforizadas fueron obtenidas a través de las mediciones en campo, como se puede observar en el **Plano N° 05**.

2.2. ANÁLISIS DE FLUJO VEHICULAR

En primer lugar, se realizó una evaluación de todo el Jr. Amalia Puga para determinar los puntos críticos, y en estos realizar los aforos vehiculares correspondientes. Se consideró 3 puntos ubicados en el Jr. Amalia Puga para realizar los aforos vehiculares de forma manual, utilizando un formato adecuado para dicha labor (Formato de aforo N° 01). Estos puntos están ubicados en las siguientes intersecciones: Jr. Urrelo, Jr. Dos de Mayo y Jr. José Gálvez.

El aforo vehicular se realizó contabilizando los vehículos en intervalos de 5 minutos desde las 6:30 am hasta las 8:30 pm de lunes a domingo.

2.2.1. AFORO VEHICULAR

Para realizar el aforo vehicular se utilizó el (Formato de aforo N° 01), en el cual se registró el número de vehículos según su categoría en intervalos de tiempo de 5 minutos, desde las 6:30 am hasta las 8:30 pm de lunes a domingo, en cada uno de los 3 puntos de aforo vehicular considerados para el análisis. Dichos aforos se realizaron en los meses de abril y mayo del año 2018 y se muestra en las siguientes tablas.

2.2.1.1. Intersección entre Jr. Amalia Puga y Jr. Urrelo

Tabla N° 18: Aforo vehicular del Jr. A. Puga en la intersección con Jr. Urrelo.

Descripción: Dos carriles con sentido unidireccional												
Tiempo de aforo: 06:30 am a 08:30 pm												
												
DÍA VIERNES												

HORA	AUTOMÓVIL		CAMIONETA		BUSES			CAMIÓN	MOTO LINEAL	TOTAL		
	AUTO	TAXI	CERRADA	PICK UP	COMBI	MICROBUS	BUS					
6:30	a	6:35	4	8	2	0	2	0	0	0	2	18
6:35	a	6:40	3	9	0	1	2	0	0	0	5	20
6:40	a	6:45	6	10	3	1	0	0	0	0	0	20
6:45	a	6:50	10	15	2	1	1	0	0	0	5	34
6:50	a	6:55	4	20	2	2	1	0	0	0	10	39
6:55	a	7:00	10	18	3	5	2	0	0	0	9	47
7:00	a	7:05	10	25	10	5	1	0	0	2	5	58
7:05	a	7:10	15	34	8	4	0	2	0	0	18	81
7:10	a	7:15	13	33	6	4	0	0	0	0	15	71
7:15	a	7:20	14	32	11	7	3	0	0	0	14	81
7:20	a	7:25	15	28	12	9	1	1	0	1	18	85
7:25	a	7:30	18	39	10	6	1	1	0	0	17	92
7:30	a	7:35	9	17	12	5	1	1	0	1	9	55
7:35	a	7:40	9	31	10	4	0	0	0	0	23	77
7:40	a	7:45	10	31	5	1	0	0	0	1	12	60
7:45	a	7:50	7	23	5	5	0	0	0	1	20	61
7:50	a	7:55	10	36	7	3	0	0	0	1	30	87
7:55	a	8:00	7	33	8	6	1	0	0	0	20	75
8:00	a	8:05	14	43	14	2	0	0	0	1	18	92
8:05	a	8:10	12	39	11	2	0	0	0	1	23	88
8:10	a	8:15	5	29	8	6	0	0	0	0	15	63
8:15	a	8:20	9	36	8	9	1	0	0	0	6	69
8:20	a	8:25	16	31	7	3	0	0	0	0	22	79
8:25	a	8:30	9	25	13	2	0	0	0	0	24	73
8:30	a	8:35	11	33	15	4	1	1	0	0	14	79
8:35	a	8:40	14	32	8	4	1	0	0	0	17	76
8:40	a	8:45	12	25	6	4	1	0	0	2	20	70
8:45	a	8:50	11	29	4	4	1	0	0	0	18	67
8:50	a	8:55	10	30	7	4	1	0	0	1	12	65
8:55	a	9:00	10	40	6	2	0	0	0	1	17	76
9:00	a	9:05	8	29	8	3	1	1	0	0	13	63

HORA	AUTOMÓVIL		CAMIONETA			BUSES			MOTO LINEAL	TOTAL		
	AUTO	TAXI	CERRADA	PICK UP	COMBI	MICROBUS	BUS	CAMIÓN				
9:05	a	9:10	3	29	3	7	1	0	0	0	15	58
9:10	a	9:15	11	30	2	5	0	0	0	2	9	59
9:15	a	9:20	4	33	8	3	0	0	0	0	12	60
9:20	a	9:25	7	23	6	7	1	0	0	0	14	58
9:25	a	9:30	2	26	9	4	1	0	0	0	11	53
9:30	a	9:35	8	20	8	3	0	0	0	1	17	57
9:35	a	9:40	3	23	5	8	1	0	0	0	13	53
9:40	a	9:45	8	17	3	5	0	0	0	0	4	37
9:45	a	9:50	9	21	4	1	1	1	0	1	8	46
9:50	a	9:55	3	23	6	3	1	0	0	1	8	45
9:55	a	10:00	6	22	7	6	0	0	0	0	7	48
10:00	a	10:05	8	19	8	4	0	0	0	0	11	50
10:05	a	10:10	9	14	4	2	1	0	0	1	7	38
10:10	a	10:15	3	23	6	7	0	0	0	0	12	51
10:15	a	10:20	7	23	3	6	0	0	0	0	6	45
10:20	a	10:25	8	27	8	7	1	0	0	1	9	61
10:25	a	10:30	4	21	10	2	0	0	0	0	8	45
10:30	a	10:35	9	20	8	2	0	0	0	1	13	53
10:35	a	10:40	5	22	11	8	0	0	0	0	9	55
10:40	a	10:45	9	18	4	7	1	0	0	0	13	52
10:45	a	10:50	7	27	7	3	1	0	0	1	7	53
10:50	a	10:55	11	24	3	5	0	0	0	0	8	51
10:55	a	11:00	8	22	9	5	0	0	0	1	4	49
11:00	a	11:05	9	26	4	7	2	0	0	0	9	57
11:05	a	11:10	5	22	6	4	0	0	0	0	6	43
11:10	a	11:15	6	24	10	3	0	0	0	1	5	49
11:15	a	11:20	7	23	6	3	0	0	0	0	3	42
11:20	a	11:25	4	19	2	5	1	0	0	0	8	39
11:25	a	11:30	8	23	8	2	0	0	0	0	12	53
11:30	a	11:35	10	17	5	1	1	0	0	1	9	44
11:35	a	11:40	4	23	5	1	0	0	0	0	13	46
11:40	a	11:45	2	24	9	9	0	0	0	0	5	49
11:45	a	11:50	6	26	4	8	1	0	0	0	10	55
11:50	a	11:55	3	22	10	4	0	0	0	1	4	44
11:55	a	12:00	10	24	7	2	0	0	0	1	13	57
12:00	a	12:05	8	26	13	8	0	0	0	0	13	68
12:05	a	12:10	2	29	9	4	1	0	0	2	12	59
12:10	a	12:15	7	30	10	5	0	0	0	1	11	64
12:15	a	12:20	5	25	7	4	0	0	0	1	13	55
12:20	a	12:25	5	26	9	6	0	0	0	0	15	61
12:25	a	12:30	5	27	10	6	1	0	0	2	18	69
12:30	a	12:35	13	26	7	4	0	0	0	1	16	67
12:35	a	12:40	10	30	3	5	0	0	0	1	14	63
12:40	a	12:45	7	17	6	3	0	0	0	1	21	55
12:45	a	12:50	10	31	7	6	1	0	0	0	13	68
12:50	a	12:55	7	28	12	7	2	0	0	2	16	74
12:55	a	13:00	9	25	8	5	0	0	0	1	20	68

HORA	AUTOMÓVIL		CAMIONETA			BUSES		CAMIÓN	MOTO LINEAL	TOTAL		
	AUTO	TAXI	CERRADA	PICK UP	COMBI	MICROBUS	BUS					
13:00	a	13:05	8	28	12	5	1	0	0	1	20	75
13:05	a	13:10	8	29	13	2	0	0	0	0	16	68
13:10	a	13:15	8	26	12	7	2	1	0	0	24	80
13:15	a	13:20	15	22	3	5	0	0	0	1	6	52
13:20	a	13:25	5	26	9	4	2	0	0	0	14	60
13:25	a	13:30	14	28	6	5	0	0	0	0	13	66
13:30	a	13:35	12	21	7	3	2	0	0	0	18	63
13:35	a	13:40	11	37	9	3	2	0	0	0	14	76
13:40	a	13:45	7	30	11	4	0	0	0	0	15	67
13:45	a	13:50	15	18	13	5	0	0	0	0	7	58
13:50	a	13:55	7	29	10	2	0	0	0	2	14	64
13:55	a	14:00	10	29	5	2	0	0	0	0	9	55
14:00	a	14:05	2	23	6	4	0	0	0	0	9	44
14:05	a	14:10	8	25	6	4	2	0	0	0	22	67
14:10	a	14:15	6	16	4	2	1	0	0	1	10	40
14:15	a	14:20	4	26	5	1	0	0	0	1	8	45
14:20	a	14:25	13	26	6	3	1	0	0	2	13	64
14:25	a	14:30	8	29	8	1	0	0	0	1	10	57
14:30	a	14:35	9	26	9	3	0	0	0	0	9	56
14:35	a	14:40	5	21	3	2	1	0	0	1	13	46
14:40	a	14:45	6	16	10	5	0	0	0	0	14	51
14:45	a	14:50	10	26	4	7	0	0	0	1	8	56
14:50	a	14:55	13	21	6	2	1	0	0	0	12	55
14:55	a	15:00	3	24	6	9	1	0	0	0	6	49
15:00	a	15:05	6	18	9	4	0	0	0	0	10	47
15:05	a	15:10	8	27	3	6	0	0	0	0	12	56
15:10	a	15:15	2	23	8	7	1	0	0	1	9	51
15:15	a	15:20	11	20	9	5	1	0	0	0	13	59
15:20	a	15:25	4	23	4	8	0	0	0	1	6	46
15:25	a	15:30	7	29	5	6	0	0	0	1	8	56
15:30	a	15:35	8	20	9	6	1	0	0	0	12	56
15:35	a	15:40	9	24	7	3	0	0	0	0	13	56
15:40	a	15:45	6	19	3	2	0	0	0	1	8	39
15:45	a	15:50	8	27	5	8	2	0	0	0	16	66
15:50	a	15:55	11	21	12	4	0	0	0	0	14	62
15:55	a	16:00	5	32	6	6	0	0	0	1	12	62
16:00	a	16:05	7	20	9	4	1	0	0	0	8	49
16:05	a	16:10	9	22	11	2	0	0	0	0	11	55
16:10	a	16:15	6	19	10	2	0	0	0	0	13	50
16:15	a	16:20	13	23	4	7	0	0	0	1	9	57
16:20	a	16:25	8	20	7	8	3	0	0	1	17	64
16:25	a	16:30	10	26	4	5	0	0	0	1	13	59
16:30	a	16:35	7	27	2	3	1	0	0	1	12	53
16:35	a	16:40	8	21	8	7	0	0	0	0	8	52
16:40	a	16:45	9	24	7	2	1	0	0	0	14	57
16:45	a	16:50	8	21	7	2	0	0	0	0	11	49
16:50	a	16:55	10	25	9	6	1	0	0	0	9	60

HORA	AUTOMÓVIL		CAMIONETA			BUSES			MOTO LINEAL	TOTAL		
	AUTO	TAXI	CERRADA	PICK UP	COMBI	MICROBUS	BUS	CAMIÓN				
16:55	a	17:00	6	22	6	8	1	0	0	0	7	50
17:00	a	17:05	14	28	9	1	0	0	0	0	16	68
17:05	a	17:10	8	24	5	5	1	0	0	1	11	55
17:10	a	17:15	12	20	7	6	0	1	0	0	14	60
17:15	a	17:20	7	23	5	8	0	0	0	0	12	55
17:20	a	17:25	9	26	10	2	1	0	0	1	14	63
17:25	a	17:30	9	21	6	4	0	0	0	0	12	52
17:30	a	17:35	12	19	9	6	0	0	0	0	7	53
17:35	a	17:40	6	23	8	5	1	0	0	0	13	56
17:40	a	17:45	11	25	4	6	0	0	0	0	16	62
17:45	a	17:50	8	20	6	8	0	0	0	1	11	54
17:50	a	17:55	10	24	10	3	1	0	0	1	10	59
17:55	a	18:00	14	22	7	8	1	0	0	0	12	64
18:00	a	18:05	10	24	3	4	0	0	0	0	17	58
18:05	a	18:10	8	20	10	1	1	0	0	1	17	58
18:10	a	18:15	6	25	4	5	2	0	0	1	16	59
18:15	a	18:20	8	27	9	8	0	0	0	1	21	74
18:20	a	18:25	9	26	5	7	1	0	0	0	24	72
18:25	a	18:30	10	25	14	4	0	0	0	1	14	68
18:30	a	18:35	11	27	7	5	0	0	0	0	14	64
18:35	a	18:40	13	18	11	5	1	0	0	0	16	64
18:40	a	18:45	11	27	11	1	0	0	0	1	10	61
18:45	a	18:50	13	21	7	4	1	0	0	1	12	59
18:50	a	18:55	9	21	14	5	0	0	0	0	18	67
18:55	a	19:00	8	20	11	4	1	0	0	0	3	47
19:00	a	19:05	9	26	6	6	0	0	0	0	7	54
19:05	a	19:10	6	29	8	3	0	0	0	1	8	55
19:10	a	19:15	9	24	13	2	0	0	0	3	15	66
19:15	a	19:20	9	13	7	7	1	0	0	1	13	51
19:20	a	19:25	8	35	8	4	0	1	0	0	14	70
19:25	a	19:30	8	24	4	7	0	0	0	0	5	48
19:30	a	19:35	8	31	5	7	0	0	0	0	9	60
19:35	a	19:40	14	19	12	5	0	0	0	0	13	63
19:40	a	19:45	13	21	9	2	0	0	0	0	17	62
19:45	a	19:50	14	18	6	3	0	0	0	0	7	48
19:50	a	19:55	5	32	13	2	0	0	0	1	11	64
19:55	a	20:00	12	20	10	1	0	0	0	0	11	54
20:00	a	20:05	7	26	8	6	0	2	0	1	16	66
20:05	a	20:10	10	31	4	4	0	0	0	0	13	62
20:10	a	20:15	13	25	9	0	0	0	0	0	11	58
20:15	a	20:20	9	24	9	5	0	0	0	0	8	55
20:20	a	20:25	5	19	10	6	0	0	0	0	10	50
20:25	a	20:30	11	30	9	4	1	0	0	0	8	63
TOTAL			1428	4141	1239	740	86	13	0	76	2050	9773

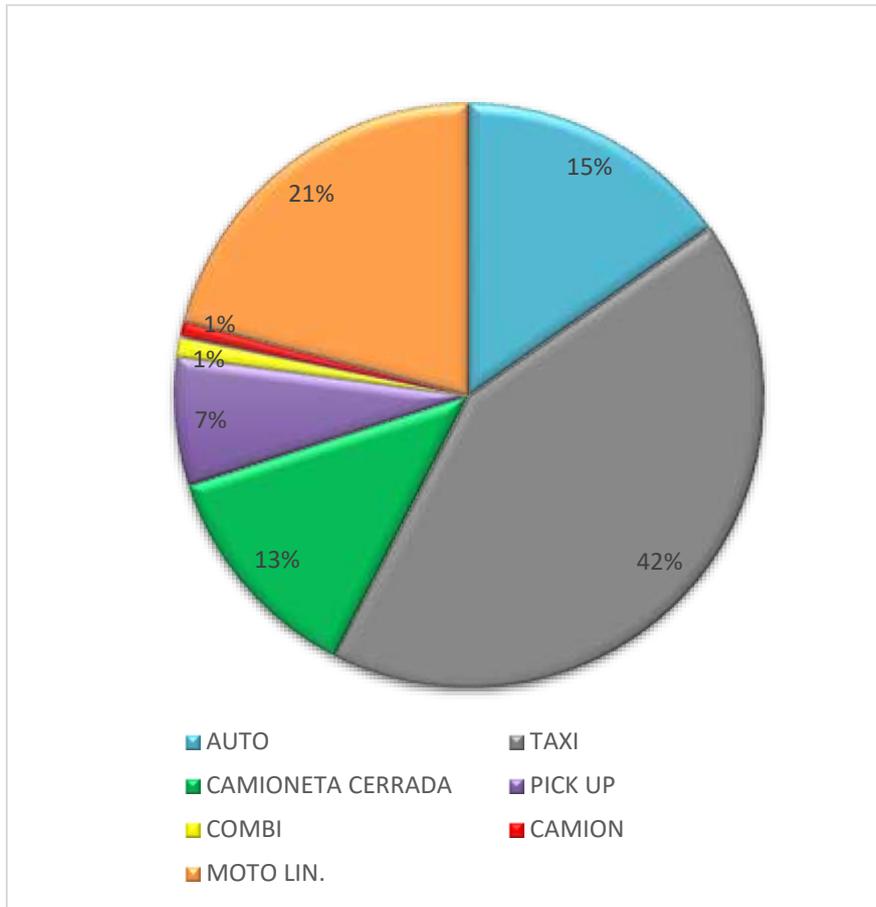
Fuente: Propia

Tabla N° 19: Resumen de aforo vehicular Jr. Amalia Puga con Jr. Urrelo.

DÍAS DE LA SEMANA	AUTOMÓVIL		CAMIONETA			BUSES			MOTO LINEAL	TOTAL
	AUTO	TAXI	CERRADA	PICK UP	COMBI	MICROBUS	BUS	CAMIÓN		
LUNES	1543	4079	1151	647	132	7	1	90	2025	9675
MARTES	1456	3668	1114	679	90	14	1	93	1974	9089
MIÉRCOLES	1371	3727	1130	605	87	9	1	63	1881	8874
JUEVES	1281	3678	1164	598	101	5	0	60	1874	8761
VIERNES	1428	4141	1239	740	86	13	0	76	2050	9773
SÁBADO	1292	3814	1121	632	74	16	2	67	1943	8961
DOMINGO	937	2649	687	451	42	6	1	34	1017	5824
TPDS	1330	3679	1087	622	87	10	1	69	1823	8708
% PARTICIPACIÓN	15%	42%	13%	7%	1%	0%	0%	1%	21%	100%

Fuente: Propia

Figura N°05: Participación del tránsito según el tipo de vehículo: Jr. A. Puga y Jr. Urrelo.



Fuente: Propia

- VOLÚMENES DE TRÁNSITO**

De la **Tabla N° 19** podemos obtener los siguientes volúmenes de tránsito:

a) Tránsito diario (TD):

$$TD_{(LUNES)} = 9675 \text{ veh/día}$$

$$TD_{(MARTES)} = 9089 \text{ veh/día}$$

$$TD_{(MIÉRCOLES)} = 8874 \text{ veh/día}$$

$$TD_{(JUEVES)} = 8761 \text{ veh/día}$$

$$TD_{(VIERNES)} = 9773 \text{ veh/día}$$

$$TD_{(SÁBADO)} = 8961 \text{ veh/día}$$

$$TD_{(DOMINGO)} = 5824 \text{ veh/día}$$

b) Tránsito semanal (TS)

$$TS = 9675 + 9089 + 8874 + 8761 + 9773 + 8961 + 5824$$

$$TS = 60957 \text{ veh}$$

c) Tránsito promedio diario semanal (TPDS):

$$TPDS = \frac{60957}{7} = 8708 \text{ veh/día}$$

- VEHÍCULOS LIVIANOS Y PESADOS**

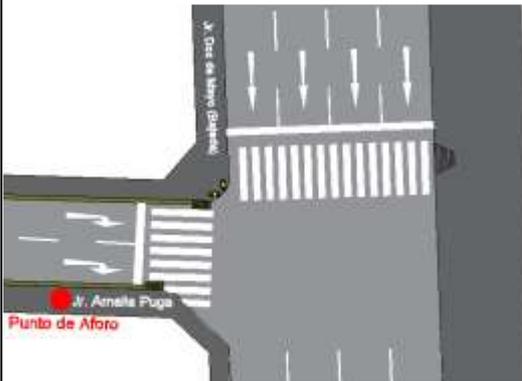
Tabla N° 20: Porcentaje de vehículos livianos y pesados Jr. A. Puga y Jr. Urrelo.

DÍAS DE LA SEMANA	AUTOMÓVIL		CAMIONETA			MOTO LINEAL	BUSES		
	AUTO	TAXI	CERRADA	PICK UP	COMBI		BUS	MICROBUS	CAMIÓN
LUNES	1543	4079	1151	647	132	2025	1	7	90
MARTES	1456	3668	1114	679	90	1974	1	14	93
MIÉRCOLES	1371	3727	1130	605	87	1881	1	9	63
JUEVES	1281	3678	1164	598	101	1874	0	5	60
VIERNES	1428	4141	1239	740	86	2050	0	13	76
SÁBADO	1292	3814	1121	632	74	1943	2	16	67
DOMINGO	937	2649	687	451	42	1017	1	6	34
TOTAL	9308	25756	7606	4352	612	12764	6	70	483
VEHÍCULOS LIVIANOS Y PESADOS	VEHÍCULOS LIVIANOS						VEHÍCULOS PESADOS		
%	60398						559		
	99%						1%		

Fuente: Propia

2.2.1.2. Intersección entre Jr. Amalia Puga y Jr. Dos de Mayo

Tabla N° 21: Aforo vehicular del Jr. A. Puga en la intersección con Jr. Dos de Mayo.

Descripción: Dos carriles con sentido unidireccional												
Tiempo de aforo: 06:30 am a 08:30 pm												
												
VIERNES												
HORA			AUTOMÓVIL		CAMIONETA		BUSES			MOTO LINEAL	TOTAL	
			AUTO	TAXI	CERRADA	PICK UP	COMBI	MICROBUS	BUS			CAMIÓN
6:30	a	6:35	1	3	0	0	1	0	0	0	1	6
6:35	a	6:40	5	7	1	1	2	0	0	0	3	19
6:40	a	6:45	5	10	1	1	1	0	0	0	2	20
6:45	a	6:50	7	14	2	2	1	0	0	1	4	31
6:50	a	6:55	4	17	3	2	0	0	0	0	3	29
6:55	a	7:00	6	13	2	0	1	0	0	0	7	29
7:00	a	7:05	8	23	7	8	2	0	0	0	4	52
7:05	a	7:10	16	32	8	5	1	2	0	0	9	73
7:10	a	7:15	8	39	6	1	0	0	0	0	12	66
7:15	a	7:20	18	32	12	4	2	0	0	1	12	81
7:20	a	7:25	21	34	7	2	1	0	0	0	13	78
7:25	a	7:30	22	29	4	6	0	0	0	1	23	85
7:30	a	7:35	17	30	11	5	0	0	0	0	18	81
7:35	a	7:40	9	29	9	6	1	0	0	1	22	77
7:40	a	7:45	11	46	4	1	1	0	0	0	20	83
7:45	a	7:50	8	35	1	6	0	0	0	1	13	64
7:50	a	7:55	14	37	6	6	0	0	0	0	27	90
7:55	a	8:00	12	36	2	2	0	0	0	0	21	73
8:00	a	8:05	10	38	6	7	1	0	0	0	17	79
8:05	a	8:10	11	44	10	1	0	0	0	0	19	85
8:10	a	8:15	9	39	11	6	0	0	0	1	19	85
8:15	a	8:20	8	40	9	4	1	0	0	0	8	70
8:20	a	8:25	22	35	5	6	0	0	0	0	13	81
8:25	a	8:30	9	30	12	2	0	0	0	0	28	81
8:30	a	8:35	9	30	10	0	1	0	0	1	21	72
8:35	a	8:40	17	27	8	4	0	1	0	0	15	72
8:40	a	8:45	16	45	4	6	0	0	0	1	18	90
8:45	a	8:50	9	32	7	4	0	0	0	1	22	75
8:50	a	8:55	9	31	5	3	2	0	0	1	13	64

HORA	AUTOMÓVIL		CAMIONETA		BUSES			MOTO LINEAL	TOTAL			
	AUTO	TAXI	CERRADA	PICK UP	COMBI	MICROBUS	BUS			CAMIÓN		
8:55	a	9:00	15	41	7	5	0	0	0	0	16	84
9:00	a	9:05	10	18	6	2	0	0	0	0	12	48
9:05	a	9:10	12	20	9	3	2	0	0	0	10	56
9:10	a	9:15	6	27	7	4	0	0	0	0	10	54
9:15	a	9:20	11	40	5	3	1	0	0	1	13	74
9:20	a	9:25	6	31	6	4	1	0	0	0	15	63
9:25	a	9:30	11	29	5	5	0	0	0	1	10	61
9:30	a	9:35	9	34	3	2	0	0	0	0	6	54
9:35	a	9:40	5	25	5	2	1	0	0	0	10	48
9:40	a	9:45	12	29	10	3	0	0	0	0	13	67
9:45	a	9:50	7	35	6	2	0	0	0	1	7	58
9:50	a	9:55	5	33	6	5	1	0	0	1	6	57
9:55	a	10:00	3	26	4	3	0	1	0	0	5	42
10:00	a	10:05	10	34	4	6	2	0	0	1	11	68
10:05	a	10:10	8	35	5	2	0	0	0	1	8	59
10:10	a	10:15	10	25	5	2	0	0	0	0	6	48
10:15	a	10:20	7	26	8	5	0	0	0	1	10	57
10:20	a	10:25	5	30	7	4	0	0	0	0	15	61
10:25	a	10:30	6	25	10	6	0	0	0	0	10	57
10:30	a	10:35	10	35	5	0	1	0	0	0	15	66
10:35	a	10:40	9	32	4	2	1	0	0	0	16	64
10:40	a	10:45	6	35	6	2	0	0	0	1	11	61
10:45	a	10:50	12	28	12	3	1	0	0	0	5	61
10:50	a	10:55	10	26	6	5	0	0	0	1	8	56
10:55	a	11:00	15	27	10	4	0	0	0	1	10	67
11:00	a	11:05	15	30	5	6	0	0	0	0	18	74
11:05	a	11:10	11	40	10	4	0	0	0	1	20	86
11:10	a	11:15	9	37	7	4	0	0	0	1	8	66
11:15	a	11:20	9	38	6	6	1	0	0	1	12	73
11:20	a	11:25	11	36	10	4	0	0	0	0	8	69
11:25	a	11:30	11	30	6	5	1	0	0	0	12	65
11:30	a	11:35	8	24	10	4	2	0	0	1	15	64
11:35	a	11:40	8	26	6	5	0	0	0	1	26	72
11:40	a	11:45	8	22	5	8	0	0	0	0	10	53
11:45	a	11:50	5	18	5	5	1	0	0	0	15	49
11:50	a	11:55	10	35	6	6	1	0	0	1	13	72
11:55	a	12:00	14	30	15	5	0	0	0	0	10	74
12:00	a	12:05	11	18	10	7	1	0	0	0	12	59
12:05	a	12:10	10	36	12	8	0	0	0	1	9	76
12:10	a	12:15	5	37	7	2	1	0	0	1	19	72
12:15	a	12:20	10	40	8	6	0	0	0	1	11	76
12:20	a	12:25	9	28	11	7	0	0	0	0	12	67
12:25	a	12:30	7	32	11	1	1	0	0	2	14	68
12:30	a	12:35	11	32	8	5	1	0	0	0	15	72
12:35	a	12:40	10	35	5	4	0	0	0	2	14	70
12:40	a	12:45	21	31	9	6	0	0	0	0	13	80
12:45	a	12:50	16	29	8	5	0	0	0	1	19	78

HORA	AUTOMÓVIL		CAMIONETA			BUSES			MOTO LINEAL	TOTAL		
	AUTO	TAXI	CERRADA	PICK UP	COMBI	MICROBUS	BUS	CAMIÓN				
12:50	a	12:55	10	31	13	4	1	0	0	1	15	75
12:55	a	13:00	12	34	7	8	1	0	0	1	20	83
13:00	a	13:05	10	32	12	3	0	0	0	1	16	74
13:05	a	13:10	9	31	12	5	1	0	0	1	18	77
13:10	a	13:15	6	35	12	5	2	1	0	0	30	91
13:15	a	13:20	11	33	12	7	1	0	0	0	17	81
13:20	a	13:25	17	35	7	5	0	0	0	0	16	80
13:25	a	13:30	14	36	7	5	3	0	0	0	11	76
13:30	a	13:35	14	40	6	4	3	0	0	0	21	88
13:35	a	13:40	12	36	4	3	3	0	0	0	14	72
13:40	a	13:45	11	39	11	5	1	0	0	0	17	84
13:45	a	13:50	14	34	13	4	0	0	0	0	13	78
13:50	a	13:55	12	31	13	4	1	0	0	0	8	69
13:55	a	14:00	10	35	6	1	1	0	0	0	12	65
14:00	a	14:05	1	24	8	5	1	0	0	0	10	49
14:05	a	14:10	9	27	5	3	1	0	0	0	8	53
14:10	a	14:15	7	23	4	3	2	0	0	1	13	53
14:15	a	14:20	9	30	2	3	0	0	0	1	8	53
14:20	a	14:25	10	33	6	2	1	0	0	0	13	65
14:25	a	14:30	11	26	8	1	1	0	0	3	10	60
14:30	a	14:35	7	27	6	3	1	0	0	1	15	60
14:35	a	14:40	10	22	5	4	0	0	0	0	11	52
14:40	a	14:45	8	20	7	9	0	0	0	1	10	55
14:45	a	14:50	8	20	10	3	2	0	0	0	12	55
14:50	a	14:55	11	27	7	5	1	0	0	0	15	66
14:55	a	15:00	13	31	9	4	1	0	0	1	13	72
15:00	a	15:05	10	22	8	5	0	0	0	0	12	57
15:05	a	15:10	10	35	10	3	1	0	0	1	10	70
15:10	a	15:15	9	25	5	5	3	0	0	0	6	53
15:15	a	15:20	7	29	10	11	0	0	0	0	7	64
15:20	a	15:25	15	40	11	5	0	0	1	1	10	83
15:25	a	15:30	10	40	10	9	2	0	0	1	12	84
15:30	a	15:35	5	32	11	5	1	0	0	0	10	64
15:35	a	15:40	10	41	13	4	0	0	0	0	17	85
15:40	a	15:45	8	35	10	6	1	0	0	0	10	70
15:45	a	15:50	15	40	5	8	2	0	0	1	15	86
15:50	a	15:55	13	30	11	3	1	0	0	1	10	69
15:55	a	16:00	10	38	15	5	0	0	0	0	18	86
16:00	a	16:05	15	36	17	8	0	0	0	0	22	98
16:05	a	16:10	9	30	7	4	2	0	0	1	21	74
16:10	a	16:15	13	30	6	4	0	0	0	0	15	68
16:15	a	16:20	12	31	7	6	1	0	0	0	9	66
16:20	a	16:25	8	33	6	5	2	0	0	1	16	71
16:25	a	16:30	14	36	9	4	1	0	0	0	13	77
16:30	a	16:35	15	28	5	6	1	0	0	1	8	64
16:35	a	16:40	5	40	9	4	0	0	0	0	7	65
16:40	a	16:45	10	34	4	2	1	0	0	0	11	62

HORA	AUTOMÓVIL		CAMIONETA		BUSES			MOTO LINEAL	TOTAL			
	AUTO	TAXI	CERRADA	PICK UP	COMBI	MICROBUS	BUS			CAMIÓN		
16:45	a	16:50	5	34	12	5	0	0	0	1	15	72
16:50	a	16:55	15	30	13	7	1	0	0	0	12	78
16:55	a	17:00	6	31	6	4	0	0	0	0	9	56
17:00	a	17:05	9	26	15	8	1	0	0	0	14	73
17:05	a	17:10	11	31	8	5	1	0	0	1	11	68
17:10	a	17:15	9	29	5	6	0	0	0	0	7	56
17:15	a	17:20	10	30	10	8	0	0	0	0	10	68
17:20	a	17:25	9	25	5	2	1	0	0	0	8	50
17:25	a	17:30	14	30	15	8	0	0	0	1	9	77
17:30	a	17:35	8	22	9	6	2	0	0	0	7	54
17:35	a	17:40	12	32	15	4	1	0	0	0	9	73
17:40	a	17:45	13	29	12	2	1	0	0	0	7	64
17:45	a	17:50	9	34	8	6	1	0	0	1	12	71
17:50	a	17:55	11	40	11	7	1	0	0	0	15	85
17:55	a	18:00	13	35	7	4	1	0	0	1	20	81
18:00	a	18:05	13	28	5	3	0	0	0	0	16	65
18:05	a	18:10	11	33	12	3	1	0	0	1	19	80
18:10	a	18:15	7	28	7	3	2	0	0	0	9	56
18:15	a	18:20	11	35	10	6	2	0	0	1	14	79
18:20	a	18:25	7	42	6	4	2	0	0	2	26	89
18:25	a	18:30	14	32	12	6	1	0	0	1	12	78
18:30	a	18:35	14	43	10	6	0	0	0	0	20	93
18:35	a	18:40	16	35	11	6	3	0	0	0	15	86
18:40	a	18:45	5	32	14	3	0	0	0	1	7	62
18:45	a	18:50	10	23	12	7	1	0	0	1	12	66
18:50	a	18:55	12	37	13	5	4	0	0	0	23	94
18:55	a	19:00	8	18	6	3	0	0	0	0	3	38
19:00	a	19:05	10	36	13	6	4	0	0	0	12	81
19:05	a	19:10	7	37	13	4	2	0	0	1	8	72
19:10	a	19:15	8	34	4	4	0	0	0	0	14	64
19:15	a	19:20	12	31	8	4	4	0	0	2	20	81
19:20	a	19:25	4	45	8	5	1	1	0	0	12	76
19:25	a	19:30	8	34	10	9	1	0	0	1	11	74
19:30	a	19:35	10	27	5	6	2	0	0	1	9	60
19:35	a	19:40	8	25	11	5	1	0	0	0	13	63
19:40	a	19:45	15	31	10	4	1	0	0	1	22	84
19:45	a	19:50	10	32	10	4	1	0	0	0	19	76
19:50	a	19:55	13	38	14	1	2	0	0	1	15	84
19:55	a	20:00	13	30	5	1	1	0	0	0	14	64
20:00	a	20:05	7	34	10	8	0	2	0	1	20	82
20:05	a	20:10	8	32	5	3	0	0	0	0	13	61
20:10	a	20:15	12	22	6	2	0	0	0	0	9	51
20:15	a	20:20	14	32	18	7	0	0	0	0	12	83
20:20	a	20:25	7	29	8	6	1	0	0	0	15	66
20:25	a	20:30	11	28	8	6	2	0	0	0	13	68
TOTAL			1718	5205	1350	740	138	8	1	74	2187	11421

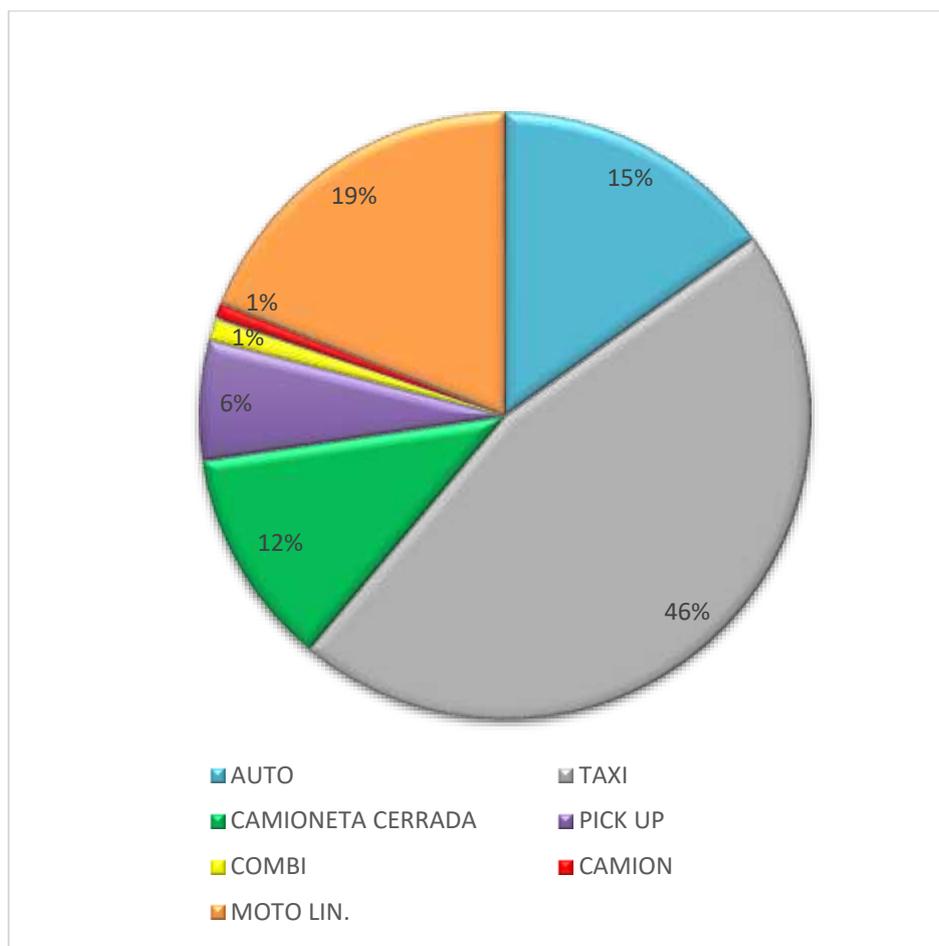
Fuente: Propia

Tabla N° 22: Resumen de aforo vehicular Jr. A. Puga con Jr. Dos de Mayo.

DÍAS DE LA SEMANA	AUTOMÓVIL		CAMIONETA			BUSES			MOTO LINEAL	TOTAL
	AUTO	TAXI	CERRADA	PICK UP	COMBI	MICROBUS	BUS	CAMIÓN		
LUNES	1611	5066	1296	725	157	6	2	90	2010	10963
MARTES	1529	4796	1228	639	111	11	5	105	1991	10415
MIÉRCOLES	1572	4857	1250	713	102	7	0	86	1959	10546
JUEVES	1498	4542	1063	571	123	3	0	80	1915	9795
VIERNES	1718	5205	1350	740	138	8	1	74	2187	11421
SÁBADO	1581	4665	1107	588	105	9	1	55	1937	10048
DOMINGO	973	2686	743	455	51	6	1	36	1159	6110
TPDS	1497	4545	1148	633	112	7	1	75	1880	9900
% PARTICIPACIÓN	15%	46%	12%	6%	1%	0%	0%	1%	19%	100%

Fuente: Propia

Figura N°06: Participación del tránsito según el tipo de vehículo: Jr. A. Puga y Jr. 2 de Mayo.



Fuente: Propia

- VOLÚMENES DE TRÁNSITO**

De la **Tabla N° 22** podemos obtener los siguientes volúmenes de tránsito:

a) Tránsito diario (TD):

$$TD_{(LUNES)} = 10963 \text{ veh/día}$$

$$TD_{(MARTES)} = 10415 \text{ veh/día}$$

$$TD_{(MIÉRCOLES)} = 10546 \text{ veh/día}$$

$$TD_{(JUEVES)} = 9795 \text{ veh/día}$$

$$TD_{(VIERNES)} = 11421 \text{ veh/día}$$

$$TD_{(SÁBADO)} = 10048 \text{ veh/día}$$

$$TD_{(DOMINGO)} = 6110 \text{ veh/día}$$

b) Tránsito semanal (TS)

$$TS = 10963 + 10415 + 10546 + 9795 + 11421 + 10048 + 6110$$

$$TS = 69298 \text{ veh}$$

c) Tránsito promedio diario semanal (TPDS):

$$TPDS = \frac{69298}{7} = 9900 \text{ veh/día}$$

- VEHÍCULOS LIVIANOS Y PESADOS**

Tabla N° 23: Porcentaje de vehículos livianos y pesados Jr. A. Puga y Jr. 2 de Mayo.

DÍAS DE LA SEMANA	AUTOMÓVIL		CAMIONETA			MOTO LINEAL	BUSES		
	AUTO	TAXI	CAMIONETA CERRADA	PICK UP	COMBI		BUS	MICROBUS	CAMIÓN
LUNES	1611	5066	1296	725	157	2010	2	6	90
MARTES	1529	4796	1228	639	111	1991	5	11	105
MIÉRCOLES	1572	4857	1250	713	102	1959	0	7	86
JUEVES	1498	4542	1063	571	123	1915	0	3	80
VIERNES	1718	5205	1350	740	138	2187	1	8	74
SÁBADO	1581	4665	1107	588	105	1937	1	9	55
DOMINGO	973	2686	743	455	51	1159	1	6	36
TOTAL	10482	31817	8037	4431	787	13158	10	50	526
VEHÍCULOS LIVIANOS Y PESADOS	VEHÍCULOS LIVIANOS						VEHÍCULOS PESADOS		
	68712						586		
%	99%						1%		

Fuente: Propia

2.2.1.3. Intersección entre Jr. Amalia Puga y Jr. José Gálvez

Tabla N° 24: Aforo vehicular del Jr. A. Puga en la intersección con Jr. José Gálvez.

Descripción: Dos carriles con sentido unidireccional												
Tiempo de aforo: 06:30 am a 08:30 pm												
												
VIERNES												
HORA	AUTOMÓVIL		CAMIONETA		BUSES			MOTO LINEAL	TOTAL			
	AUTO	TAXI	CERRADA	PICK UP	COMBI	MICROBUS	BUS			CAMIÓN		
6:30	a	6:35	3	10	1	0	0	0	0	0	1	15
6:35	a	6:40	3	8	2	0	2	1	0	0	2	18
6:40	a	6:45	2	5	1	0	1	0	0	0	3	12
6:45	a	6:50	6	11	0	1	2	0	0	0	2	22
6:50	a	6:55	10	17	4	3	2	0	0	0	4	40
6:55	a	7:00	6	15	2	0	0	1	0	0	6	30
7:00	a	7:05	6	14	5	7	3	0	0	1	7	43
7:05	a	7:10	9	20	5	1	0	0	0	0	2	37
7:10	a	7:15	9	25	9	2	1	0	0	0	5	51
7:15	a	7:20	16	27	4	1	3	0	0	1	9	61
7:20	a	7:25	17	20	7	2	1	0	0	0	12	59
7:25	a	7:30	15	33	7	2	0	0	0	0	20	77
7:30	a	7:35	11	34	9	1	3	1	0	1	15	75
7:35	a	7:40	11	19	6	2	1	1	0	0	19	59
7:40	a	7:45	11	28	9	3	0	0	0	1	9	61
7:45	a	7:50	2	26	2	0	0	0	0	1	20	51
7:50	a	7:55	6	22	7	2	0	0	0	0	19	56
7:55	a	8:00	3	20	3	2	0	0	0	1	12	41
8:00	a	8:05	9	20	8	2	1	0	0	0	6	46
8:05	a	8:10	5	19	9	0	1	0	0	1	10	45
8:10	a	8:15	6	19	6	4	0	0	0	2	10	47
8:15	a	8:20	3	16	1	3	0	0	0	0	10	33
8:20	a	8:25	7	20	1	2	1	0	0	0	6	37
8:25	a	8:30	7	14	7	1	0	0	0	0	10	39
8:30	a	8:35	6	16	4	2	0	0	0	0	6	34
8:35	a	8:40	6	19	12	3	0	1	0	0	7	48
8:40	a	8:45	8	18	7	0	0	0	0	0	3	36
8:45	a	8:50	9	24	2	4	0	0	0	0	6	45
8:50	a	8:55	2	15	5	2	2	0	0	0	10	36

HORA	AUTOMÓVIL		CAMIONETA			BUSES			MOTO LINEAL	TOTAL		
	AUTO	TAXI	CERRADA	PICK UP	COMBI	MICROBUS	BUS	CAMIÓN				
8:55	a	9:00	6	17	4	2	0	0	0	2	2	33
9:00	a	9:05	5	18	2	2	1	0	0	0	4	32
9:05	a	9:10	2	15	6	6	0	1	0	0	3	33
9:10	a	9:15	3	16	0	0	0	0	0	1	6	26
9:15	a	9:20	1	20	1	1	1	0	0	1	12	37
9:20	a	9:25	4	19	0	0	0	0	0	0	4	27
9:25	a	9:30	3	18	1	1	0	0	0	0	6	29
9:30	a	9:35	7	16	5	5	1	0	0	0	2	36
9:35	a	9:40	5	17	3	3	1	0	0	0	8	37
9:40	a	9:45	2	20	1	1	1	0	0	1	4	30
9:45	a	9:50	6	16	1	1	0	0	0	0	9	33
9:50	a	9:55	4	15	4	4	0	0	0	0	4	31
9:55	a	10:00	3	13	2	2	0	0	0	0	3	23
10:00	a	10:05	2	19	4	1	0	0	0	0	5	31
10:05	a	10:10	8	14	2	5	0	0	0	0	9	38
10:10	a	10:15	11	16	7	1	1	0	0	1	9	46
10:15	a	10:20	5	21	3	3	0	0	0	0	3	35
10:20	a	10:25	7	15	1	2	0	0	0	0	12	37
10:25	a	10:30	2	18	9	4	0	0	0	0	4	37
10:30	a	10:35	4	15	1	2	0	0	0	1	5	28
10:35	a	10:40	7	20	5	1	1	0	0	1	9	44
10:40	a	10:45	3	14	3	3	0	0	0	0	3	26
10:45	a	10:50	2	19	4	4	0	0	0	0	2	31
10:50	a	10:55	5	13	2	4	1	0	0	0	6	31
10:55	a	11:00	8	14	7	1	0	0	0	0	5	35
11:00	a	11:05	3	18	4	5	0	0	0	0	3	33
11:05	a	11:10	6	14	2	2	0	0	0	0	7	31
11:10	a	11:15	5	14	5	1	0	0	0	0	6	31
11:15	a	11:20	7	10	3	6	0	0	0	0	3	29
11:20	a	11:25	5	15	9	4	0	0	0	0	5	38
11:25	a	11:30	3	12	7	2	1	0	0	0	15	40
11:30	a	11:35	6	10	1	7	0	0	0	0	3	27
11:35	a	11:40	4	17	1	3	0	0	0	1	7	33
11:40	a	11:45	7	10	5	8	0	0	0	0	5	35
11:45	a	11:50	7	8	5	1	0	0	0	0	4	25
11:50	a	11:55	5	19	3	2	1	0	0	0	7	37
11:55	a	12:00	9	22	6	6	0	0	0	0	9	52
12:00	a	12:05	3	17	2	4	2	0	0	1	5	34
12:05	a	12:10	6	14	8	3	0	0	0	0	10	41
12:10	a	12:15	8	20	4	2	0	0	0	2	11	47
12:15	a	12:20	8	18	3	4	1	0	0	0	12	46
12:20	a	12:25	7	9	5	3	0	0	0	0	11	35
12:25	a	12:30	4	20	5	2	0	0	0	0	13	44
12:30	a	12:35	7	18	10	2	0	0	0	1	10	48
12:35	a	12:40	11	12	4	8	3	0	0	1	10	49
12:40	a	12:45	7	12	10	4	1	0	0	0	12	46
12:45	a	12:50	4	10	6	1	0	0	0	1	8	30

HORA	AUTOMÓVIL		CAMIONETA			BUSES			MOTO LINEAL	TOTAL		
	AUTO	TAXI	CERRADA	PICK UP	COMBI	MICROBUS	BUS	CAMIÓN				
12:50	a	12:55	5	20	11	2	0	0	0	2	13	53
12:55	a	13:00	5	9	8	6	2	0	0	0	13	43
13:00	a	13:05	14	19	5	3	1	0	0	0	13	55
13:05	a	13:10	6	18	9	5	1	0	0	0	16	55
13:10	a	13:15	10	17	6	3	0	0	0	0	18	54
13:15	a	13:20	12	22	4	2	1	0	0	0	17	58
13:20	a	13:25	10	23	6	4	0	0	0	0	8	51
13:25	a	13:30	9	19	10	2	0	0	0	2	10	52
13:30	a	13:35	14	25	3	1	3	0	0	0	15	61
13:35	a	13:40	14	21	10	1	2	0	0	0	11	59
13:40	a	13:45	3	15	7	1	0	0	0	1	9	36
13:45	a	13:50	12	21	7	6	0	0	0	0	10	56
13:50	a	13:55	14	16	10	3	0	0	2	1	12	58
13:55	a	14:00	8	16	6	3	2	0	0	1	15	51
14:00	a	14:05	5	19	6	2	0	0	0	0	4	36
14:05	a	14:10	8	11	2	3	1	0	0	1	5	31
14:10	a	14:15	6	16	3	3	0	0	0	1	6	35
14:15	a	14:20	3	20	3	1	0	0	0	0	9	36
14:20	a	14:25	2	18	2	0	0	0	0	0	5	27
14:25	a	14:30	4	23	4	1	1	0	0	0	6	39
14:30	a	14:35	5	15	7	3	0	0	0	1	8	39
14:35	a	14:40	8	19	3	2	0	0	0	0	6	38
14:40	a	14:45	3	18	5	1	1	0	0	0	5	33
14:45	a	14:50	2	18	3	2	1	0	0	1	7	34
14:50	a	14:55	4	16	4	5	0	0	0	0	9	38
14:55	a	15:00	9	13	7	2	2	0	0	0	5	38
15:00	a	15:05	7	20	1	1	0	0	0	1	5	35
15:05	a	15:10	3	21	3	2	0	0	0	1	7	37
15:10	a	15:15	2	14	4	4	0	0	0	0	3	27
15:15	a	15:20	5	13	8	3	1	0	0	0	8	38
15:20	a	15:25	3	15	2	1	1	0	0	0	5	27
15:25	a	15:30	7	16	3	1	0	0	0	0	3	30
15:30	a	15:35	4	16	6	2	0	0	0	1	4	33
15:35	a	15:40	5	20	3	3	0	1	0	0	6	38
15:40	a	15:45	8	19	7	0	0	0	0	0	2	36
15:45	a	15:50	2	14	3	0	1	0	0	0	4	24
15:50	a	15:55	6	19	6	1	2	0	0	1	7	42
15:55	a	16:00	9	21	4	0	0	0	0	0	6	40
16:00	a	16:05	3	15	2	2	1	0	0	0	3	26
16:05	a	16:10	6	17	7	5	1	0	0	0	7	43
16:10	a	16:15	4	13	3	1	1	0	0	0	4	26
16:15	a	16:20	6	18	5	3	0	0	0	0	5	37
16:20	a	16:25	10	14	2	1	1	0	0	1	10	39
16:25	a	16:30	2	19	3	4	1	0	0	1	3	33
16:30	a	16:35	5	13	3	1	0	0	0	0	4	26
16:35	a	16:40	8	16	5	6	0	0	0	0	10	45
16:40	a	16:45	4	17	4	3	0	0	0	1	7	36

HORA	AUTOMÓVIL		CAMIONETA			BUSES			MOTO LINEAL	TOTAL		
	AUTO	TAXI	CERRADA	PICK UP	COMBI	MICROBUS	BUS	CAMIÓN				
16:45	a	16:50	8	16	7	7	0	0	0	0	3	41
16:50	a	16:55	6	14	4	2	1	1	0	1	2	31
16:55	a	17:00	5	19	6	5	0	0	0	0	4	39
17:00	a	17:05	3	7	11	3	0	0	0	0	9	33
17:05	a	17:10	7	15	8	1	0	0	1	1	9	42
17:10	a	17:15	12	10	3	4	1	0	0	0	5	35
17:15	a	17:20	8	9	7	2	0	0	0	0	3	29
17:20	a	17:25	5	10	5	1	0	0	0	0	12	33
17:25	a	17:30	5	17	4	1	0	0	0	1	4	32
17:30	a	17:35	6	14	7	2	0	1	0	0	7	37
17:35	a	17:40	12	18	6	6	1	1	0	0	5	49
17:40	a	17:45	7	9	4	2	0	0	0	0	6	28
17:45	a	17:50	4	14	2	6	0	0	0	1	3	30
17:50	a	17:55	6	12	9	1	0	0	0	0	7	35
17:55	a	18:00	11	19	6	4	0	0	0	0	3	43
18:00	a	18:05	8	9	3	6	0	0	0	0	7	33
18:05	a	18:10	5	17	4	0	1	0	0	0	5	32
18:10	a	18:15	10	18	6	4	1	0	0	1	6	46
18:15	a	18:20	12	20	6	3	3	0	0	0	9	53
18:20	a	18:25	9	23	3	4	0	1	0	1	9	50
18:25	a	18:30	7	21	4	5	1	0	0	0	7	45
18:30	a	18:35	7	18	7	3	0	0	0	0	13	48
18:35	a	18:40	6	24	7	2	0	0	0	0	8	47
18:40	a	18:45	5	13	10	3	1	0	0	1	7	40
18:45	a	18:50	12	12	4	2	2	0	0	1	2	35
18:50	a	18:55	9	15	5	6	4	0	0	0	10	49
18:55	a	19:00	5	11	4	1	0	0	0	0	5	26
19:00	a	19:05	8	14	3	3	0	0	0	0	13	41
19:05	a	19:10	8	15	5	4	0	0	0	0	10	42
19:10	a	19:15	8	23	7	5	0	0	0	0	6	49
19:15	a	19:20	9	13	6	2	1	0	0	0	7	38
19:20	a	19:25	5	15	7	5	2	0	0	1	6	41
19:25	a	19:30	5	19	4	4	0	0	0	0	7	39
19:30	a	19:35	6	26	3	3	0	0	0	0	6	44
19:35	a	19:40	9	18	3	8	1	0	0	0	6	45
19:40	a	19:45	3	12	5	1	1	0	0	0	9	31
19:45	a	19:50	6	22	3	2	1	0	0	0	10	44
19:50	a	19:55	2	17	7	2	0	0	0	1	12	41
19:55	a	20:00	12	24	4	0	0	0	0	0	10	50
20:00	a	20:05	5	21	3	2	0	1	0	0	6	38
20:05	a	20:10	10	31	7	2	0	0	0	1	15	66
20:10	a	20:15	5	29	2	4	0	0	0	0	12	52
20:15	a	20:20	6	23	3	1	0	0	0	0	14	47
20:20	a	20:25	8	30	6	2	0	0	0	0	2	48
20:25	a	20:30	8	29	4	3	0	0	0	0	4	48
TOTAL			1088	2893	800	441	91	12	3	53	1259	6640

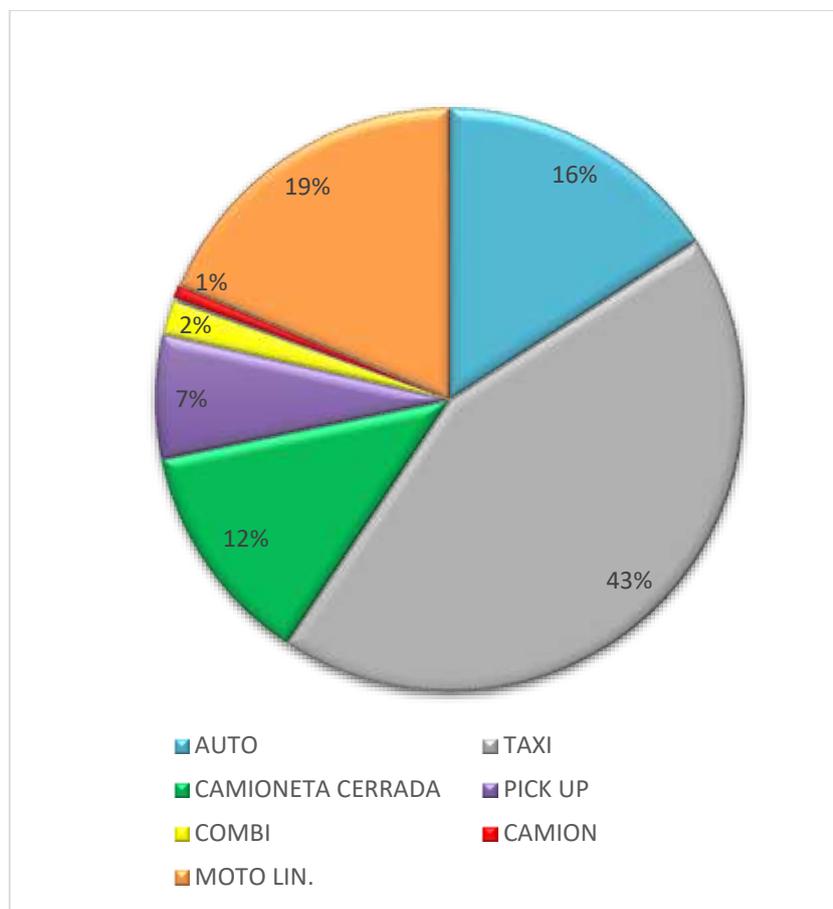
Fuente: Propia

Tabla N° 25: Resumen de aforo vehicular Jr. A. Puga con Jr. José Gálvez.

DÍAS DE LA SEMANA	AUTOMÓVIL		CAMIONETA		BUSES			CAMIÓN	MOTO LINEAL	TOTAL
	AUTO	TAXI	CERRADA	PICK UP	COMBI	MICROBUS	BUS			
LUNES	1228	3046	996	567	200	10	4	58	1321	7430
MARTES	1079	3033	937	497	157	11	4	50	1366	7134
MIÉRCOLES	1102	3239	916	510	144	7	2	49	1312	7281
JUEVES	1071	3075	844	446	139	14	4	53	1302	6948
VIERNES	1088	2893	800	441	91	12	3	53	1259	6640
SÁBADO	967	2678	769	396	87	9	2	45	1114	6067
DOMINGO	736	1954	425	287	49	6	1	18	857	4333
TPDS	1039	2845	812	449	124	10	3	47	1219	6548
% PARTICIPACIÓN	16%	43%	12%	7%	2%	0%	0%	1%	19%	100%

Fuente: Propia

Figura N°07: Participación del tránsito según el tipo de vehículo: Jr. A. Puga y Jr. José Gálvez.



Fuente: Propia

- **VOLÚMENES DE TRÁNSITO**

De la **Tabla N° 25** podemos obtener los siguientes volúmenes de tránsito:

d) Tránsito diario (TD):

$$TD_{(LUNES)} = 7430 \text{ veh/día}$$

$$TD_{(MARTES)} = 7134 \text{ veh/día}$$

$$TD_{(MIÉRCOLES)} = 7281 \text{ veh/día}$$

$$TD_{(JUEVES)} = 6948 \text{ veh/día}$$

$$TD_{(VIERNES)} = 6640 \text{ veh/día}$$

$$TD_{(SÁBADO)} = 6067 \text{ veh/día}$$

$$TD_{(DOMINGO)} = 4333 \text{ veh/día}$$

e) Tránsito semanal (TS)

$$TS = 7430 + 7134 + 7281 + 6948 + 6640 + 6067 + 4333$$

$$TS = 45833 \text{ veh}$$

f) Tránsito promedio diario semanal (TPDS):

$$TPDS = \frac{45833}{7} = 6548 \text{ veh/día}$$

- **VEHÍCULOS LIVIANOS Y PESADOS**

Tabla N° 26: Porcentaje de vehículos livianos y pesados Jr. A. Puga y Jr. José Gálvez.

DÍAS DE LA SEMANA	AUTOMÓVIL		CAMIONETA			MOTO LINEAL	BUSES		
	AUTO	TAXI	CERRADA	PICK UP	COMBI		BUS	MICROBUS	CAMIÓN
LUNES	1228	3046	996	567	200	1321	4	10	58
MARTES	1079	3033	937	497	157	1366	4	11	50
MIÉRCOLES	1102	3239	916	510	144	1312	2	7	49
JUEVES	1071	3075	844	446	139	1302	4	14	53
VIERNES	1088	2893	800	441	91	1259	3	12	53
SÁBADO	967	2678	769	396	87	1114	2	9	45
DOMINGO	736	1954	425	287	49	857	1	6	18
TOTAL	7271	19918	5687	3144	867	8531	20	69	326
VEHÍCULOS LIVIANOS Y PESADOS	VEHÍCULOS LIVIANOS						VEHÍCULOS PESADOS		
%	99%						1%		

Fuente: Propia

2.2.2. VARIACIÓN DEL VOLUMEN DE TRÁNSITO EN LA HORA PUNTA

Para determinar esta variación procesamos los datos obtenidos por medio de hojas de cálculo del programa Excel, para así obtener los flujos vehiculares en intervalos de 5, 10, 15 minutos, y sus respectivos histogramas de la variación del volumen de tráfico vehicular.

2.2.2.1. Intersección entre Jr. Amalia Puga con Jr. Urrelo

Tabla N° 27: Flujo vehicular en intervalos de 5, 10, 15 minutos del Jr. Amalia Puga en la intersección con Jr. Urrelo.

DÍA VIERNES											
Periodo		Flujo cada 5 minutos		Periodo		Flujo cada 10 minutos		Periodo		Flujo cada 15 minutos	
6:30	a	6:35	18	6:30	a	6:40	38	6:30	a	6:45	58
6:35	a	6:40	20	6:40	a	6:50	54				
6:40	a	6:45	20								
6:45	a	6:50	34	6:50	a	7:00	86	6:45	a	7:00	120
6:50	a	6:55	39	7:00	a	7:10	139	7:00	a	7:15	210
6:55	a	7:00	47	7:10	a	7:20	152				
7:00	a	7:05	58	7:20	a	7:30	177	7:15	a	7:30	258
7:05	a	7:10	81	7:30	a	7:40	132	7:30	a	7:45	192
7:10	a	7:15	71	7:40	a	7:50	121				
7:15	a	7:20	81	7:50	a	8:00	162	7:45	a	8:00	223
7:20	a	7:25	85	8:00	a	8:10	180	8:00	a	8:15	243
7:25	a	7:30	92	8:10	a	8:20	132				
7:30	a	7:35	55	8:20	a	8:30	152	8:15	a	8:30	221
7:35	a	7:40	77	8:30	a	8:40	155	8:30	a	8:45	225
7:40	a	7:45	60	8:40	a	8:50	137				
7:45	a	7:50	61	8:50	a	9:00	141	8:45	a	9:00	208
7:50	a	7:55	87	9:00	a	9:10	121	9:00	a	9:15	180
7:55	a	8:00	75	9:10	a	9:20	119				
8:00	a	8:05	92	9:20	a	9:30	111	9:15	a	9:30	171
8:05	a	8:10	88								
8:10	a	8:15	63								
8:15	a	8:20	69								
8:20	a	8:25	79								
8:25	a	8:30	73								
8:30	a	8:35	79								
8:35	a	8:40	76								
8:40	a	8:45	70								
8:45	a	8:50	67								
8:50	a	8:55	65								
8:55	a	9:00	76								
9:00	a	9:05	63								
9:05	a	9:10	58								
9:10	a	9:15	59								
9:15	a	9:20	60								
9:20	a	9:25	58								
9:25	a	9:30	53								

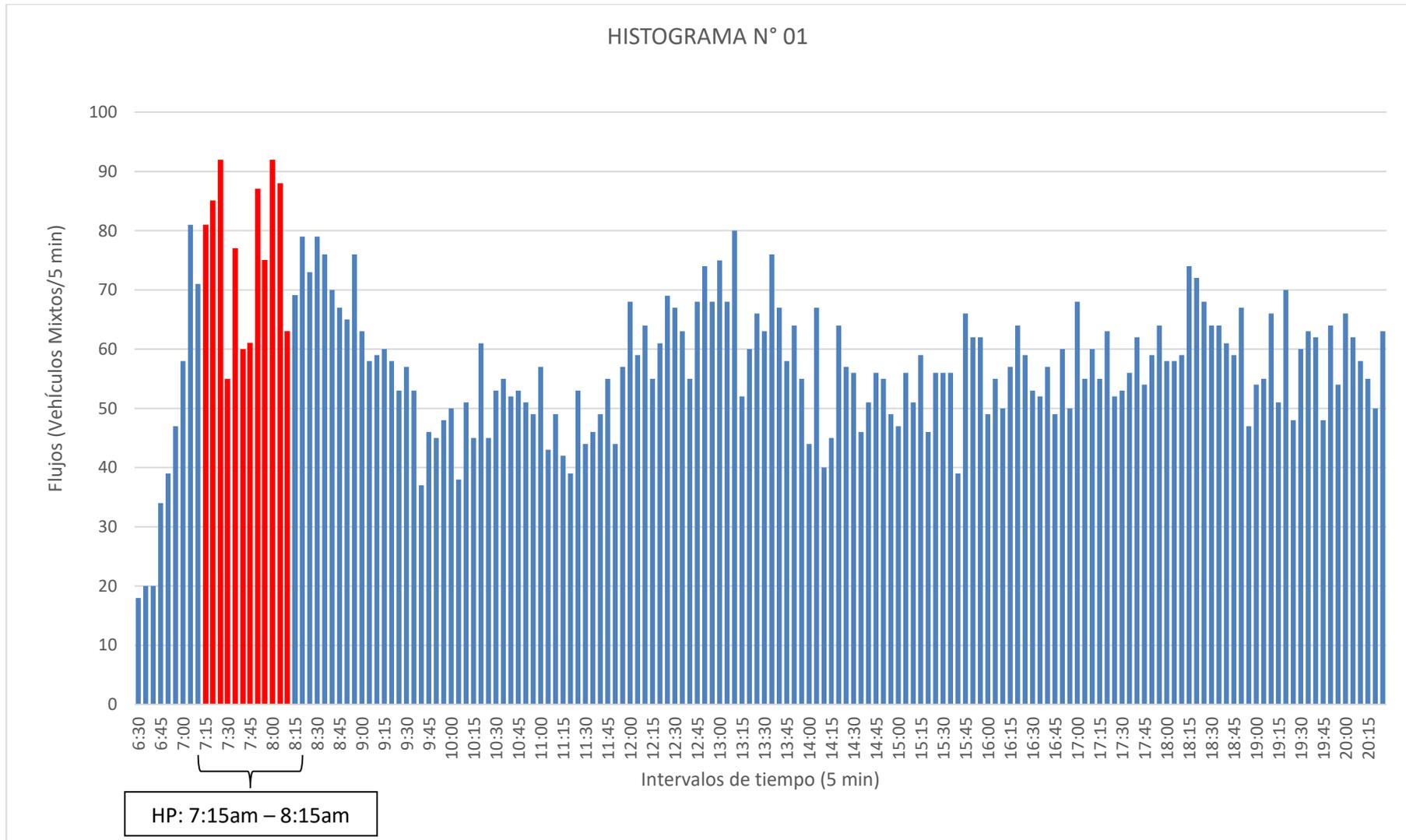
Periodo		Flujo cada 5 minutos	Periodo	Flujo cada 10 minutos	Periodo	Flujo cada 15 minutos					
9:30	a	9:35	57	9:30	a	9:40	110	9:30	a	9:45	147
9:35	a	9:40	53								
9:40	a	9:45	37	9:40	a	9:50	83				
9:45	a	9:50	46								
9:50	a	9:55	45	9:50	a	10:00	93	9:45	a	10:00	139
9:55	a	10:00	48								
10:00	a	10:05	50	10:00	a	10:10	88	10:00	a	10:15	139
10:05	a	10:10	38								
10:10	a	10:15	51	10:10	a	10:20	96				
10:15	a	10:20	45								
10:20	a	10:25	61	10:20	a	10:30	106	10:15	a	10:30	151
10:25	a	10:30	45								
10:30	a	10:35	53	10:30	a	10:40	108	10:30	a	10:45	160
10:35	a	10:40	55								
10:40	a	10:45	52	10:40	a	10:50	105				
10:45	a	10:50	53								
10:50	a	10:55	51	10:50	a	11:00	100	10:45	a	11:00	153
10:55	a	11:00	49								
11:00	a	11:05	57	11:00	a	11:10	100	11:00	a	11:15	149
11:05	a	11:10	43								
11:10	a	11:15	49	11:10	a	11:20	91				
11:15	a	11:20	42								
11:20	a	11:25	39	11:20	a	11:30	92	11:15	a	11:30	134
11:25	a	11:30	53								
11:30	a	11:35	44	11:30	a	11:40	90	11:30	a	11:45	139
11:35	a	11:40	46								
11:40	a	11:45	49	11:40	a	11:50	104				
11:45	a	11:50	55								
11:50	a	11:55	44	11:50	a	12:00	101	11:45	a	12:00	156
11:55	a	12:00	57								
12:00	a	12:05	68	12:00	a	12:10	127	12:00	a	12:15	191
12:05	a	12:10	59								
12:10	a	12:15	64	12:10	a	12:20	119				
12:15	a	12:20	55								
12:20	a	12:25	61	12:20	a	12:30	130	12:15	a	12:30	185
12:25	a	12:30	69								
12:30	a	12:35	67	12:30	a	12:40	130	12:30	a	12:45	185
12:35	a	12:40	63								
12:40	a	12:45	55	12:40	a	12:50	123				
12:45	a	12:50	68								
12:50	a	12:55	74	12:50	a	13:00	142	12:45	a	13:00	210
12:55	a	13:00	68								
13:00	a	13:05	75	13:00	a	13:10	143	13:00	a	13:15	223
13:05	a	13:10	68								
13:10	a	13:15	80	13:10	a	13:20	132				
13:15	a	13:20	52								
13:20	a	13:25	60	13:20	a	13:30	126	13:15	a	13:30	178
13:25	a	13:30	66								

Periodo		Flujo cada 5 minutos	Periodo	Flujo cada 10 minutos	Periodo	Flujo cada 15 minutos					
13:30	a	13:35	63	13:30	a	13:40	139	13:30	a	13:45	206
13:35	a	13:40	76	13:40	a	13:50	125	13:45	a	14:00	177
13:40	a	13:45	67	13:50	a	14:00	119	14:00	a	14:15	151
13:45	a	13:50	58	14:00	a	14:10	111	14:10	a	14:20	85
13:50	a	13:55	64	14:10	a	14:20	85	14:20	a	14:30	121
13:55	a	14:00	55	14:20	a	14:30	121	14:30	a	14:40	102
14:00	a	14:05	44	14:30	a	14:40	102	14:40	a	14:50	107
14:05	a	14:10	67	14:40	a	14:50	107	14:50	a	15:00	104
14:10	a	14:15	40	14:50	a	15:00	104	15:00	a	15:10	103
14:15	a	14:20	45	15:00	a	15:10	103	15:10	a	15:20	110
14:20	a	14:25	64	15:10	a	15:20	110	15:20	a	15:30	102
14:25	a	14:30	57	15:20	a	15:30	102	15:30	a	15:40	112
14:30	a	14:35	56	15:30	a	15:40	112	15:40	a	15:50	105
14:35	a	14:40	46	15:40	a	15:50	105	15:50	a	16:00	124
14:40	a	14:45	51	15:50	a	16:00	124	16:00	a	16:10	104
14:45	a	14:50	56	16:00	a	16:10	104	16:10	a	16:20	107
14:50	a	14:55	55	16:10	a	16:20	107	16:20	a	16:30	123
14:55	a	15:00	49	16:20	a	16:30	123	16:30	a	16:40	105
15:00	a	15:05	47	16:30	a	16:40	105	16:40	a	16:50	106
15:05	a	15:10	56	16:40	a	16:50	106	16:50	a	17:00	110
15:10	a	15:15	51	16:50	a	17:00	110	17:00	a	17:10	123
15:15	a	15:20	59	17:00	a	17:10	123	17:10	a	17:20	115
15:20	a	15:25	46	17:10	a	17:20	115	17:20	a	17:30	115
15:25	a	15:30	56	17:20	a	17:30	115				
15:30	a	15:35	56								
15:35	a	15:40	56								
15:40	a	15:45	39								
15:45	a	15:50	66								
15:50	a	15:55	62								
15:55	a	16:00	62								
16:00	a	16:05	49								
16:05	a	16:10	55								
16:10	a	16:15	50								
16:15	a	16:20	57								
16:20	a	16:25	64								
16:25	a	16:30	59								
16:30	a	16:35	53								
16:35	a	16:40	52								
16:40	a	16:45	57								
16:45	a	16:50	49								
16:50	a	16:55	60								
16:55	a	17:00	50								
17:00	a	17:05	68								
17:05	a	17:10	55								
17:10	a	17:15	60								
17:15	a	17:20	55								
17:20	a	17:25	63								
17:25	a	17:30	52								

Periodo	Flujo cada 5 minutos	Periodo	Flujo cada 10 minutos	Periodo	Flujo cada 15 minutos
17:30 a 17:35	53	17:30 a 17:40	109	17:30 a 17:45	171
17:35 a 17:40	56				
17:40 a 17:45	62	17:40 a 17:50	116		
17:45 a 17:50	54				
17:50 a 17:55	59	17:50 a 18:00	123	17:45 a 18:00	177
17:55 a 18:00	64				
18:00 a 18:05	58	18:00 a 18:10	116	18:00 a 18:15	175
18:05 a 18:10	58				
18:10 a 18:15	59	18:10 a 18:20	133		
18:15 a 18:20	74				
18:20 a 18:25	72	18:20 a 18:30	140	18:15 a 18:30	214
18:25 a 18:30	68				
18:30 a 18:35	64	18:30 a 18:40	128	18:30 a 18:45	189
18:35 a 18:40	64				
18:40 a 18:45	61	18:40 a 18:50	120		
18:45 a 18:50	59				
18:50 a 18:55	67	18:50 a 19:00	114	18:45 a 19:00	173
18:55 a 19:00	47				
19:00 a 19:05	54	19:00 a 19:10	109	19:00 a 19:15	175
19:05 a 19:10	55				
19:10 a 19:15	66	19:10 a 19:20	117		
19:15 a 19:20	51				
19:20 a 19:25	70	19:20 a 19:30	118	19:15 a 19:30	169
19:25 a 19:30	48				
19:30 a 19:35	60	19:30 a 19:40	123	19:30 a 19:45	185
19:35 a 19:40	63				
19:40 a 19:45	62	19:40 a 19:50	110		
19:45 a 19:50	48				
19:50 a 19:55	64	19:50 a 20:00	118	19:45 a 20:00	166
19:55 a 20:00	54				
20:00 a 20:05	66	20:00 a 20:10	128	20:00 a 20:15	186
20:05 a 20:10	62				
20:10 a 20:15	58	20:10 a 20:20	113		
20:15 a 20:20	55				
20:20 a 20:25	50	20:20 a 20:30	113	20:15 a 20:30	168
20:25 a 20:30	63				
TOTAL	9773	TOTAL	9773	TOTAL	9773

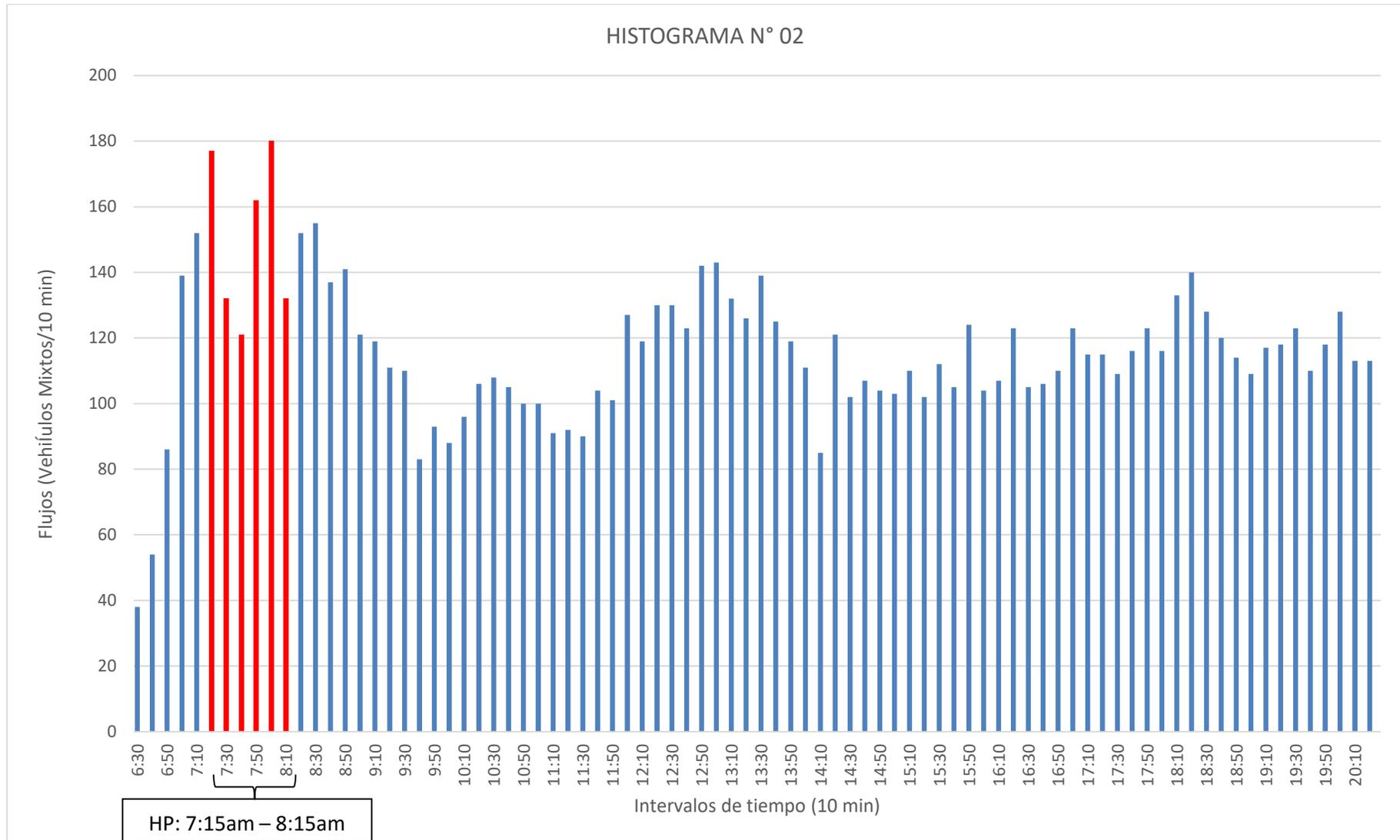
Fuente: Propia

Figura N°08: Variación del volumen de tránsito en la hora punta cada 5 min del Jr. A. Puga en la intersección con Jr. Urrelo.



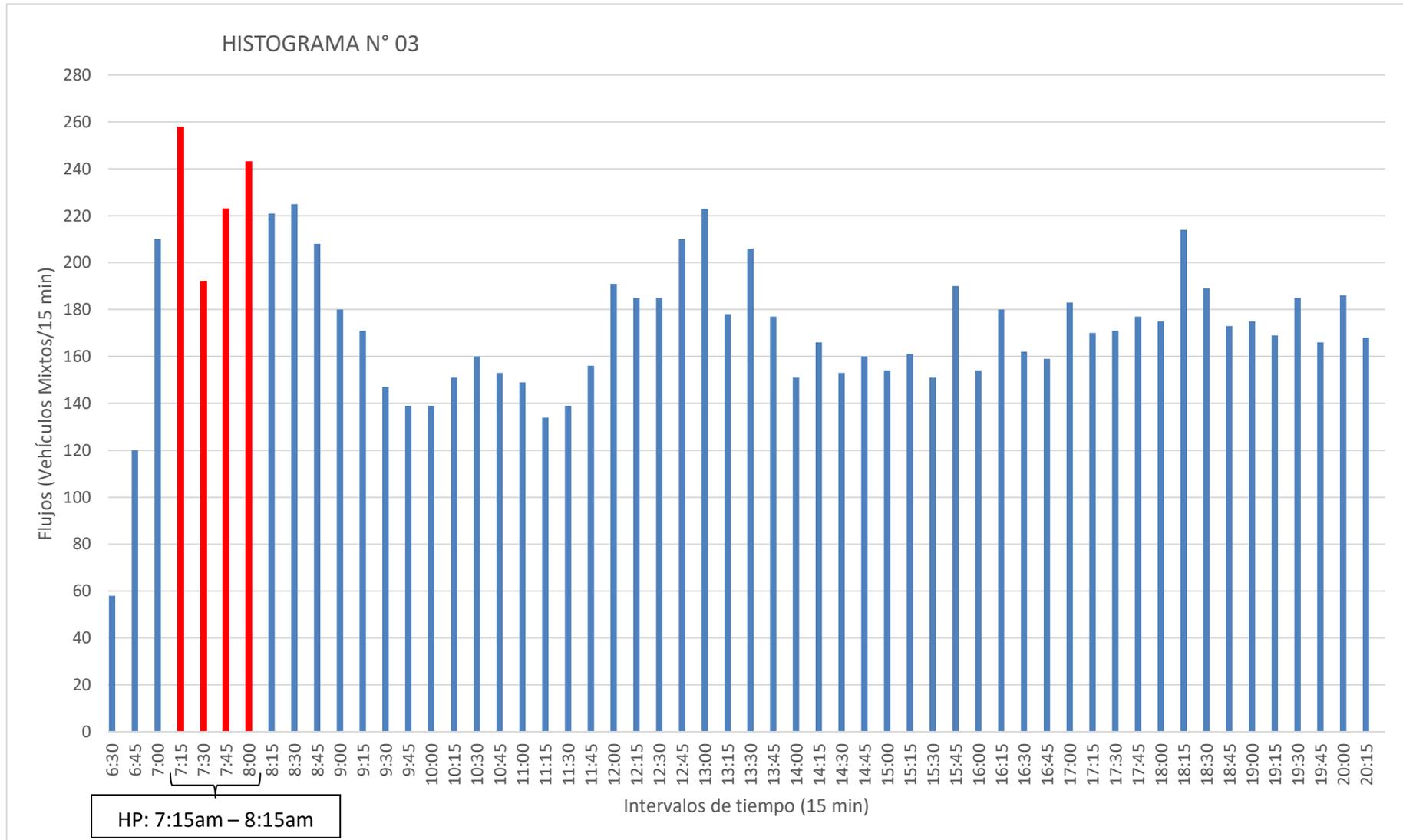
Fuente: Propia

Figura N°09: Variación del volumen de tránsito en la hora punta cada 10 min del Jr. A. Puga en la intersección con Jr.Urrelo.



Fuente: Propia

Figura N°10: Variación del volumen de tránsito en la hora punta cada 15 min del Jr. A. Puga en la intersección con Jr. Urrelo.



Fuente: Propia

- **Flujo vehicular en la hora punta**

Como se puede observar en los histogramas 1, 2 y 3 la hora punta en este punto de aforo es: **07:15 am – 08:15 am**. En la siguiente tabla observamos el flujo vehicular en este periodo:

Tabla N° 28: Flujo vehicular en la hora punta del Jr. Amalia Puga en la intersección con Jr. Urrelo.

Periodo cada 5 min. 7:15 - 8:15 am	Flujo	Periodo cada 10 min. 7:15 - 8:15 am	Flujo	Periodo cada 15 min. 7:15 - 8:15 am	Flujo
7:15 a 7:20	81	7:15 a 7:25	166	7:15 a 7:30	258
7:20 a 7:25	85				
7:25 a 7:30	92	7:25 a 7:35	147		
7:30 a 7:35	55			7:30 a 7:45	192
7:35 a 7:40	77	7:35 a 7:45	137		
7:40 a 7:45	60			7:45 a 8:00	223
7:45 a 7:50	61	7:45 a 7:55	148		
7:50 a 7:55	87			8:00 a 8:15	243
7:55 a 8:00	75	7:55 a 8:05	167		
8:00 a 8:05	92				
8:05 a 8:10	88	8:05 a 8:15	151		
8:10 a 8:15	63				
Volumen 5 min	916	Volumen 10 min	916	Volumen 15 min	916

Fuente: Propia

- **Factor de hora punta (FHP)**

Para calcular el factor de hora punta, utilizamos la ecuación (Ec. 01) en los periodos cada 5, 10 y 15 minutos. (El FHP_{15min} es el que vamos a utilizar para cálculos posteriores)

$$FHP_{5min} = \frac{I_h}{12(I_{12})} = \frac{916}{12(92)} = 0.83$$

$$FHP_{10min} = \frac{I_h}{6(I_6)} = \frac{916}{6(167)} = 0.91$$

$$FHP_{15min} = \frac{I_h}{4(I_4)} = \frac{916}{4(258)} = 0.89$$

2.2.2.2. Intersección entre Jr. Amalia Puga con Jr. Dos de Mayo

Tabla N° 29: Flujo vehicular en intervalos de 5, 10, 15 minutos del Jr. Amalia Puga en la intersección con Jr. Dos de Mayo.

DÍA VIERNES					
Periodo	Flujo cada 5 minutos	Periodo	Flujo cada 10 minutos	Periodo	Flujo cada 15 minutos
6:30 a 6:35	6	6:30 a 6:40	25	6:30 a 6:45	45
6:35 a 6:40	19	6:40 a 6:50	51	6:45 a 7:00	89
6:40 a 6:45	20	6:50 a 7:00	58	7:00 a 7:15	191
6:45 a 6:50	31	7:00 a 7:10	125	7:10 a 7:20	147
6:50 a 6:55	29	7:10 a 7:20	147	7:15 a 7:30	244
6:55 a 7:00	29	7:20 a 7:30	163	7:30 a 7:45	241
7:00 a 7:05	52	7:30 a 7:40	158	7:45 a 8:00	227
7:05 a 7:10	73	7:40 a 7:50	147	8:00 a 8:15	249
7:10 a 7:15	66	7:50 a 8:00	163	8:10 a 8:15	85
7:15 a 7:20	81	8:00 a 8:10	164	8:15 a 8:20	70
7:20 a 7:25	78	8:10 a 8:20	155	8:20 a 8:30	162
7:25 a 7:30	85	8:20 a 8:30	162	8:30 a 8:40	144
7:30 a 7:35	81	8:30 a 8:40	144	8:40 a 8:50	165
7:35 a 7:40	77	8:40 a 8:50	165	8:50 a 9:00	148
7:40 a 7:45	83	8:50 a 9:00	148	9:00 a 9:15	158
7:45 a 7:50	64	9:00 a 9:10	104	9:10 a 9:15	54
7:50 a 7:55	90	9:10 a 9:20	128	9:15 a 9:20	74
7:55 a 8:00	73	9:20 a 9:30	124	9:20 a 9:25	63
8:00 a 8:05	79	9:30 a 9:40	102	9:25 a 9:30	61
8:05 a 8:10	85	9:40 a 9:50	125	9:30 a 9:35	54
8:10 a 8:15	85	9:50 a 10:00	99	9:35 a 9:40	48
8:15 a 8:20	70			9:40 a 9:45	67
8:20 a 8:25	81			9:45 a 9:50	58
8:25 a 8:30	81			9:50 a 9:55	57
8:30 a 8:35	72			9:55 a 10:00	42
8:35 a 8:40	72				
8:40 a 8:45	90				
8:45 a 8:50	75				
8:50 a 8:55	64				
8:55 a 9:00	84				
9:00 a 9:05	48				
9:05 a 9:10	56				
9:10 a 9:15	54				
9:15 a 9:20	74				
9:20 a 9:25	63				
9:25 a 9:30	61				
9:30 a 9:35	54				
9:35 a 9:40	48				
9:40 a 9:45	67				
9:45 a 9:50	58				
9:50 a 9:55	57				
9:55 a 10:00	42				

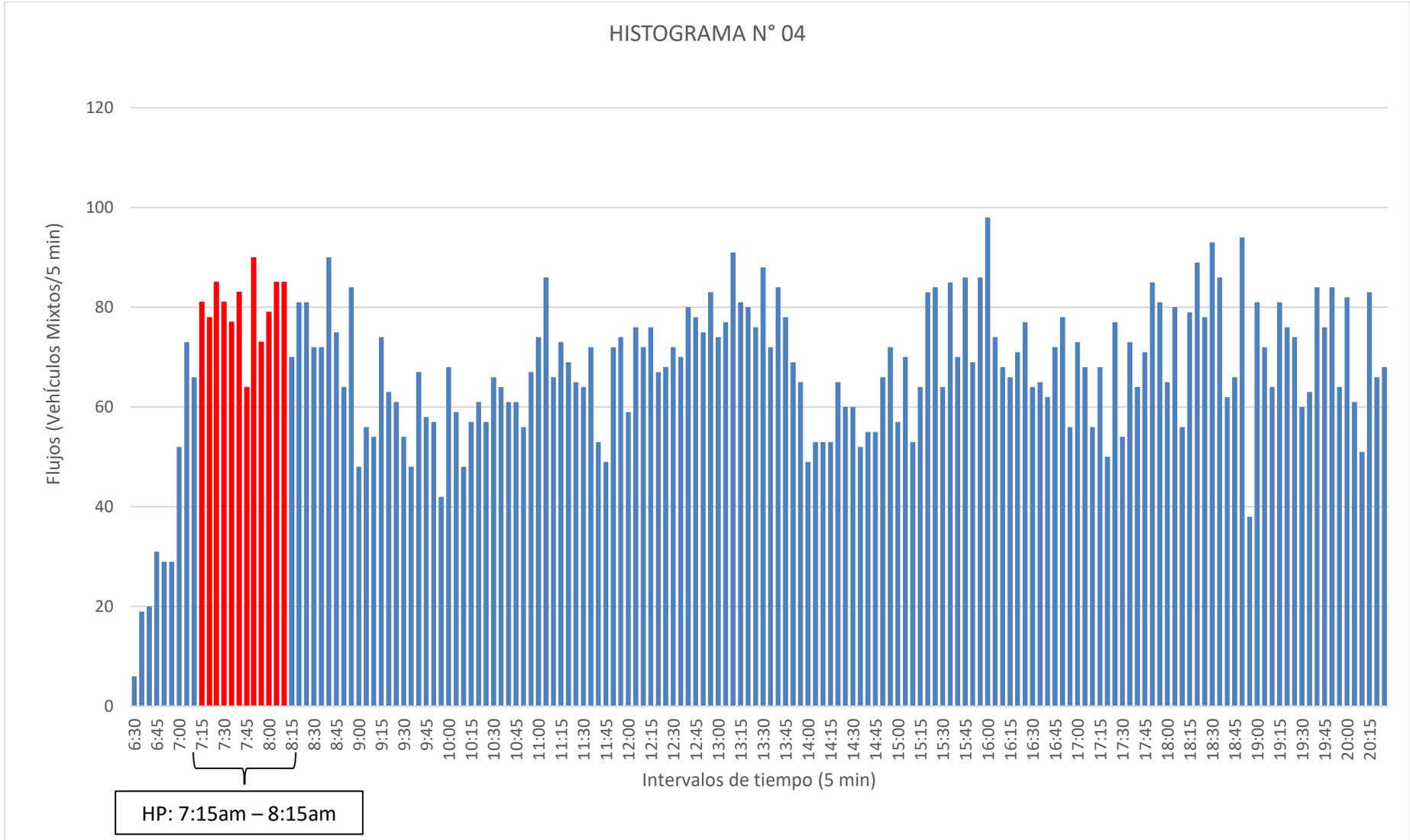
Periodo	Flujo cada 5 minutos	Periodo	Flujo cada 10 minutos	Periodo	Flujo cada 15 minutos
10:00 a 10:05	68	10:00 a 10:10	127	10:00 a 10:15	175
10:05 a 10:10	59	10:10 a 10:20	105	10:15 a 10:30	175
10:10 a 10:15	48	10:20 a 10:30	118	10:30 a 10:45	191
10:15 a 10:20	57	10:30 a 10:40	130	10:45 a 11:00	184
10:20 a 10:25	61	10:40 a 10:50	122	11:00 a 11:15	226
10:25 a 10:30	57	10:50 a 11:00	123	11:10 a 11:20	139
10:30 a 10:35	66	11:00 a 11:10	160	11:20 a 11:30	134
10:35 a 10:40	64	11:10 a 11:20	139	11:30 a 11:40	136
10:40 a 10:45	61	11:20 a 11:30	134	11:40 a 11:50	102
10:45 a 10:50	61	11:30 a 11:40	136	11:50 a 12:00	146
10:50 a 10:55	56	11:40 a 11:50	102	12:00 a 12:05	59
10:55 a 11:00	67	11:50 a 12:00	146	12:05 a 12:10	76
11:00 a 11:05	74	12:00 a 12:10	135	12:10 a 12:15	72
11:05 a 11:10	86	12:10 a 12:20	148	12:15 a 12:20	76
11:10 a 11:15	66	12:20 a 12:30	135	12:20 a 12:25	67
11:15 a 11:20	73	12:30 a 12:40	142	12:25 a 12:30	68
11:20 a 11:25	69	12:40 a 12:50	158	12:30 a 12:35	72
11:25 a 11:30	65	12:50 a 13:00	158	12:35 a 12:40	70
11:30 a 11:35	64	13:00 a 13:10	151	12:40 a 12:45	80
11:35 a 11:40	72	13:10 a 13:20	172	12:45 a 12:50	78
11:40 a 11:45	53	13:20 a 13:30	156	12:50 a 12:55	75
11:45 a 11:50	49	13:30 a 13:40	160	12:55 a 13:00	83
11:50 a 11:55	72	13:40 a 13:50	162	13:00 a 13:05	74
11:55 a 12:00	74	13:50 a 14:00	134	13:05 a 13:10	77
12:00 a 12:05	59			13:10 a 13:15	91
12:05 a 12:10	76			13:15 a 13:20	81
12:10 a 12:15	72			13:20 a 13:25	80
12:15 a 12:20	76			13:25 a 13:30	76
12:20 a 12:25	67			13:30 a 13:35	88
12:25 a 12:30	68			13:35 a 13:40	72
12:30 a 12:35	72			13:40 a 13:45	84
12:35 a 12:40	70			13:45 a 13:50	78
12:40 a 12:45	80			13:50 a 13:55	69
12:45 a 12:50	78			13:55 a 14:00	65
12:50 a 12:55	75				
12:55 a 13:00	83				
13:00 a 13:05	74				
13:05 a 13:10	77				
13:10 a 13:15	91				
13:15 a 13:20	81				
13:20 a 13:25	80				
13:25 a 13:30	76				
13:30 a 13:35	88				
13:35 a 13:40	72				
13:40 a 13:45	84				
13:45 a 13:50	78				
13:50 a 13:55	69				
13:55 a 14:00	65				

Periodo	Flujo cada 5 minutos	Periodo	Flujo cada 10 minutos	Periodo	Flujo cada 15 minutos
14:00 a 14:05	49	14:00 a 14:10	102	14:00 a 14:15	155
14:05 a 14:10	53	14:10 a 14:20	106	14:15 a 14:30	178
14:10 a 14:15	53	14:20 a 14:30	125	14:30 a 14:45	167
14:15 a 14:20	53	14:30 a 14:40	112	14:45 a 15:00	193
14:20 a 14:25	65	14:40 a 14:50	110	15:00 a 15:15	180
14:25 a 14:30	60	14:50 a 15:00	138	15:15 a 15:30	231
14:30 a 14:35	60	15:00 a 15:10	127	15:30 a 15:45	219
14:35 a 14:40	52	15:10 a 15:20	117	15:45 a 16:00	241
14:40 a 14:45	55	15:20 a 15:30	167	16:00 a 16:15	240
14:45 a 14:50	55	15:30 a 15:40	149	16:15 a 16:30	214
14:50 a 14:55	66	15:40 a 15:50	156	16:30 a 16:45	191
14:55 a 15:00	72	15:50 a 16:00	155	16:45 a 17:00	206
15:00 a 15:05	57	16:00 a 16:10	172	17:00 a 17:15	197
15:05 a 15:10	70	16:10 a 16:20	134	17:15 a 17:30	195
15:10 a 15:15	53	16:20 a 16:30	148	17:30 a 17:45	191
15:15 a 15:20	64	16:30 a 16:40	129	17:45 a 18:00	237
15:20 a 15:25	83	16:40 a 16:50	134		
15:25 a 15:30	84	16:50 a 17:00	134		
15:30 a 15:35	64	17:00 a 17:10	141		
15:35 a 15:40	85	17:10 a 17:20	124		
15:40 a 15:45	70	17:20 a 17:30	127		
15:45 a 15:50	86	17:30 a 17:40	127		
15:50 a 15:55	69	17:40 a 17:50	135		
15:55 a 16:00	86	17:50 a 18:00	166		
16:00 a 16:05	98				
16:05 a 16:10	74				
16:10 a 16:15	68				
16:15 a 16:20	66				
16:20 a 16:25	71				
16:25 a 16:30	77				
16:30 a 16:35	64				
16:35 a 16:40	65				
16:40 a 16:45	62				
16:45 a 16:50	72				
16:50 a 16:55	78				
16:55 a 17:00	56				
17:00 a 17:05	73				
17:05 a 17:10	68				
17:10 a 17:15	56				
17:15 a 17:20	68				
17:20 a 17:25	50				
17:25 a 17:30	77				
17:30 a 17:35	54				
17:35 a 17:40	73				
17:40 a 17:45	64				
17:45 a 17:50	71				
17:50 a 17:55	85				
17:55 a 18:00	81				

Periodo	Flujo cada 5 minutos	Periodo	Flujo cada 10 minutos	Periodo	Flujo cada 15 minutos
18:00 a 18:05	65	18:00 a 18:10	145	18:00 a 18:15	201
18:05 a 18:10	80	18:10 a 18:20	135	18:15 a 18:30	246
18:10 a 18:15	56	18:20 a 18:30	167	18:30 a 18:45	241
18:15 a 18:20	79	18:30 a 18:40	179	18:45 a 19:00	198
18:20 a 18:25	89	18:40 a 18:50	128	19:00 a 19:15	217
18:25 a 18:30	78	18:50 a 19:00	132	19:15 a 19:30	231
18:30 a 18:35	93	19:00 a 19:10	153	19:30 a 19:45	207
18:35 a 18:40	86	19:10 a 19:20	145	19:45 a 20:00	224
18:40 a 18:45	62	19:20 a 19:30	150	20:00 a 20:15	194
18:45 a 18:50	66	19:30 a 19:40	123	20:15 a 20:30	217
18:50 a 18:55	94	19:40 a 19:50	160		
18:55 a 19:00	38	19:50 a 20:00	148		
19:00 a 19:05	81	20:00 a 20:10	143		
19:05 a 19:10	72	20:10 a 20:20	134		
19:10 a 19:15	64	20:20 a 20:30	134		
19:15 a 19:20	81				
19:20 a 19:25	76				
19:25 a 19:30	74				
19:30 a 19:35	60				
19:35 a 19:40	63				
19:40 a 19:45	84				
19:45 a 19:50	76				
19:50 a 19:55	84				
19:55 a 20:00	64				
20:00 a 20:05	82				
20:05 a 20:10	61				
20:10 a 20:15	51				
20:15 a 20:20	83				
20:20 a 20:25	66				
20:25 a 20:30	68				
TOTAL	11421	TOTAL	11421	TOTAL	11421

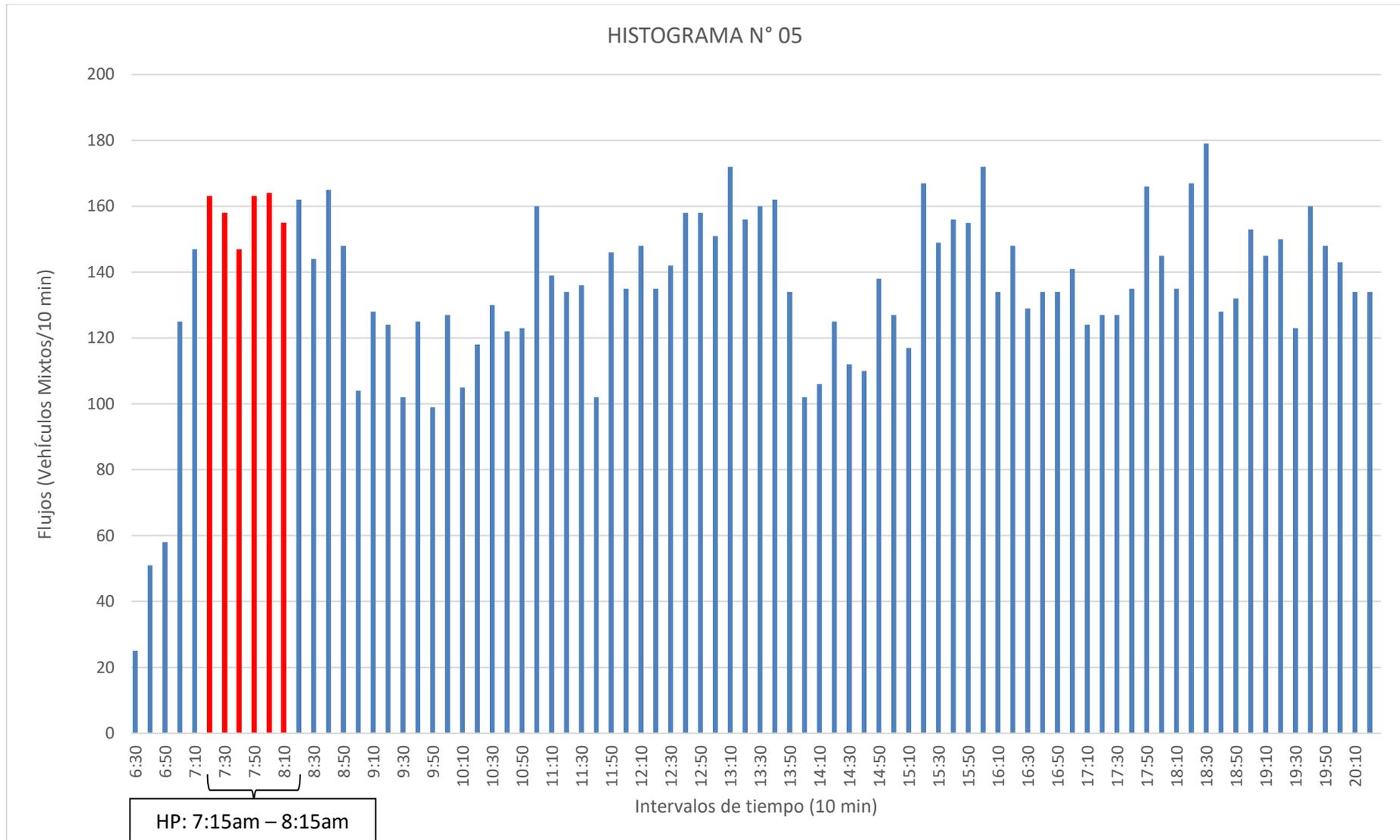
Fuente: Propia

Figura N°11: Variación del volumen de tránsito en la hora punta cada 5 min del Jr. A. Puga en la intersección con Jr. 2 de Mayo.



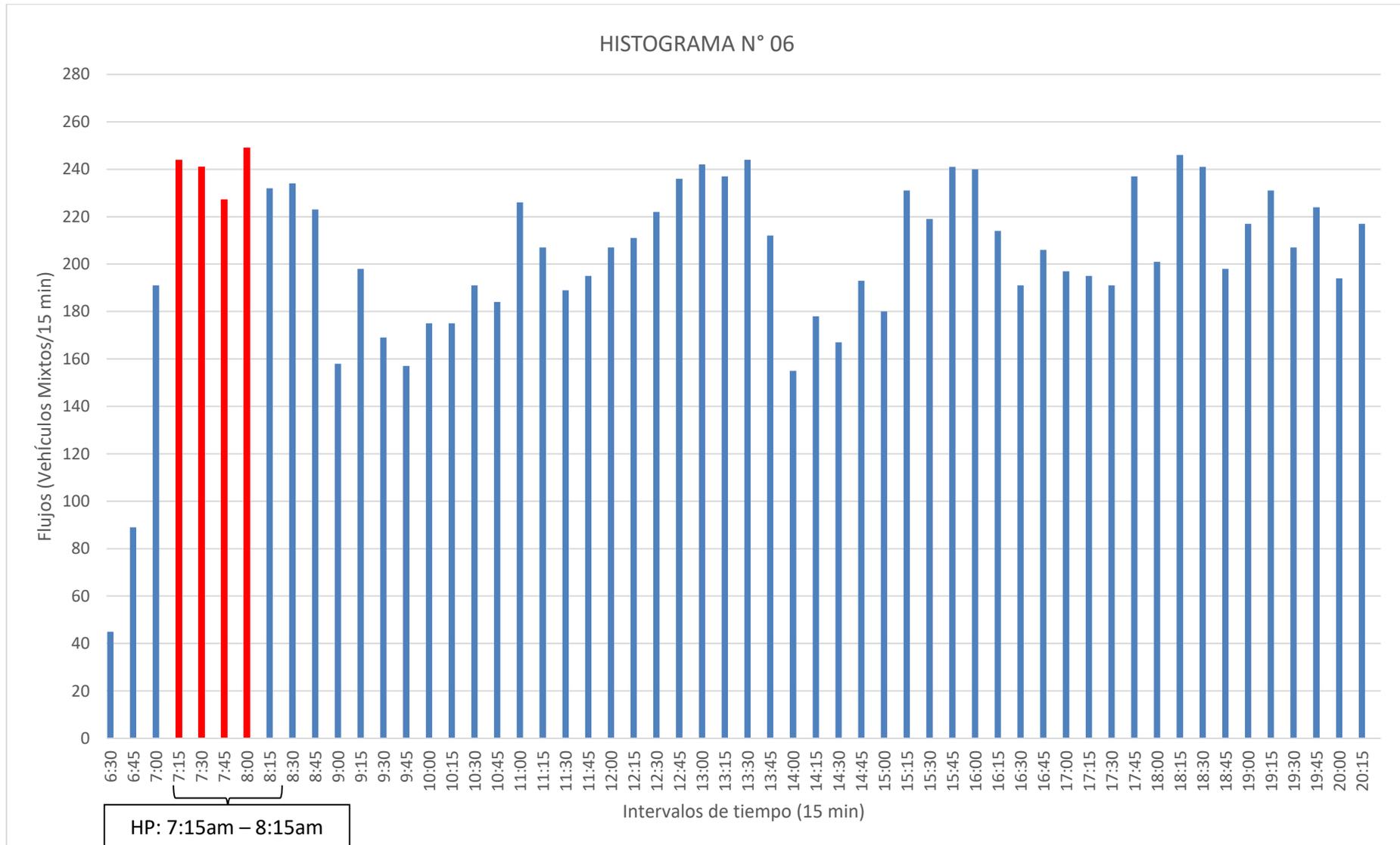
Fuente: Propia

Figura N°12: Variación del volumen de tránsito en la hora punta cada 10 min del Jr. A. Puga en la intersección con Jr. 2 de Mayo.



Fuente: Propia

Figura N°13: Variación del volumen de tránsito en la hora punta cada 15 min del Jr. A. Puga en la intersección con Jr. 2 de Mayo.



Fuente: Propia

- **Flujo vehicular en la hora punta**

Como se puede observar en los histogramas 4, 5 y 6 la hora punta en este punto de aforo es: **07:15 am – 08:15 am**. En la siguiente tabla observamos el flujo vehicular en este periodo:

Tabla N° 30: Flujo vehicular en la hora punta del Jr. Amalia Puga en la intersección con Jr. Dos de Mayo.

Periodo cada 5 min. 7:15 - 8:15 am	Flujo	Periodo cada 10 min. 7:15 - 8:15 am	Flujo	Periodo cada 15 min. 7:15 - 8:15 am	Flujo
7:15 a 7:20	81	7:15 a 7:25	159	7:15 a 7:30	244
7:20 a 7:25	78				
7:25 a 7:30	85	7:25 a 7:35	166		
7:30 a 7:35	81			7:30 a 7:45	241
7:35 a 7:40	77	7:35 a 7:45	160		
7:40 a 7:45	83			7:45 a 8:00	227
7:45 a 7:50	64	7:45 a 7:55	154		
7:50 a 7:55	90	7:55 a 8:05	152	8:00 a 8:15	249
7:55 a 8:00	73				
8:00 a 8:05	79	8:05 a 8:15	170		
8:05 a 8:10	85				
8:10 a 8:15	85				
Volumen 5 min	961	Volumen 10 min	961	Volumen 15 min	961

Fuente: Propia

- **Factor de hora punta (FHP)**

Para calcular el factor de hora punta, utilizamos la ecuación (Ec. 01) en los periodos cada 5, 10 y 15 minutos. (El FHP_{15min} es el que vamos a utilizar para cálculos posteriores)

$$FHP_{5min} = \frac{I_h}{12(I_{12})} = \frac{961}{12(90)} = 0.89$$

$$FHP_{10min} = \frac{I_h}{6(I_6)} = \frac{961}{6(170)} = 0.94$$

$$FHP_{15min} = \frac{I_h}{4(I_4)} = \frac{961}{4(249)} = 0.96$$

2.2.2.3. Intersección entre Jr. Amalia Puga con Jr. José Gálvez

Tabla N° 31: Flujo vehicular en intervalos de 5, 10, 15 minutos del Jr. Amalia Puga en la intersección con Jr. José Gálvez.

DÍA VIERNES					
Periodo	Flujo cada 5 minutos	Periodo	Flujo cada 10 minutos	Periodo	Flujo cada 15 minutos
6:30 a 6:35	15	6:30 a 6:40	33	6:30 a 6:45	45
6:35 a 6:40	18	6:40 a 6:50	34	6:45 a 7:00	92
6:40 a 6:45	12	6:50 a 7:00	70	7:00 a 7:15	131
6:45 a 6:50	22	7:00 a 7:10	80	7:10 a 7:20	112
6:50 a 6:55	40	7:10 a 7:20	112	7:10 a 7:20	61
6:55 a 7:00	30	7:20 a 7:30	136	7:20 a 7:30	59
7:00 a 7:05	43	7:30 a 7:40	134	7:30 a 7:40	77
7:05 a 7:10	37	7:40 a 7:50	112	7:40 a 7:50	75
7:10 a 7:15	51	7:50 a 8:00	97	7:50 a 8:00	59
7:15 a 7:20	61	8:00 a 8:10	91	8:00 a 8:10	46
7:20 a 7:25	59	8:10 a 8:20	80	8:10 a 8:20	45
7:25 a 7:30	77	8:20 a 8:30	76	8:20 a 8:30	47
7:30 a 7:35	75	8:30 a 8:40	82	8:30 a 8:40	33
7:35 a 7:40	59	8:40 a 8:50	81	8:40 a 8:50	37
7:40 a 7:45	61	8:50 a 9:00	69	8:50 a 9:00	39
7:45 a 7:50	51	9:00 a 9:10	65	9:00 a 9:10	34
7:50 a 7:55	56	9:10 a 9:20	63	9:10 a 9:20	48
7:55 a 8:00	41	9:20 a 9:30	56	9:20 a 9:30	36
8:00 a 8:05	46	9:30 a 9:40	73	9:30 a 9:40	45
8:05 a 8:10	45	9:40 a 9:50	63	9:40 a 9:50	36
8:10 a 8:15	47	9:50 a 10:00	54	9:50 a 10:00	33
8:15 a 8:20	33				31
8:20 a 8:25	37				23
8:25 a 8:30	39				
8:30 a 8:35	34				
8:35 a 8:40	48				
8:40 a 8:45	36				
8:45 a 8:50	45				
8:50 a 8:55	36				
8:55 a 9:00	33				
9:00 a 9:05	32				
9:05 a 9:10	33				
9:10 a 9:15	26				
9:15 a 9:20	37				
9:20 a 9:25	27				
9:25 a 9:30	29				
9:30 a 9:35	36				
9:35 a 9:40	37				
9:40 a 9:45	30				
9:45 a 9:50	33				
9:50 a 9:55	31				
9:55 a 10:00	23				

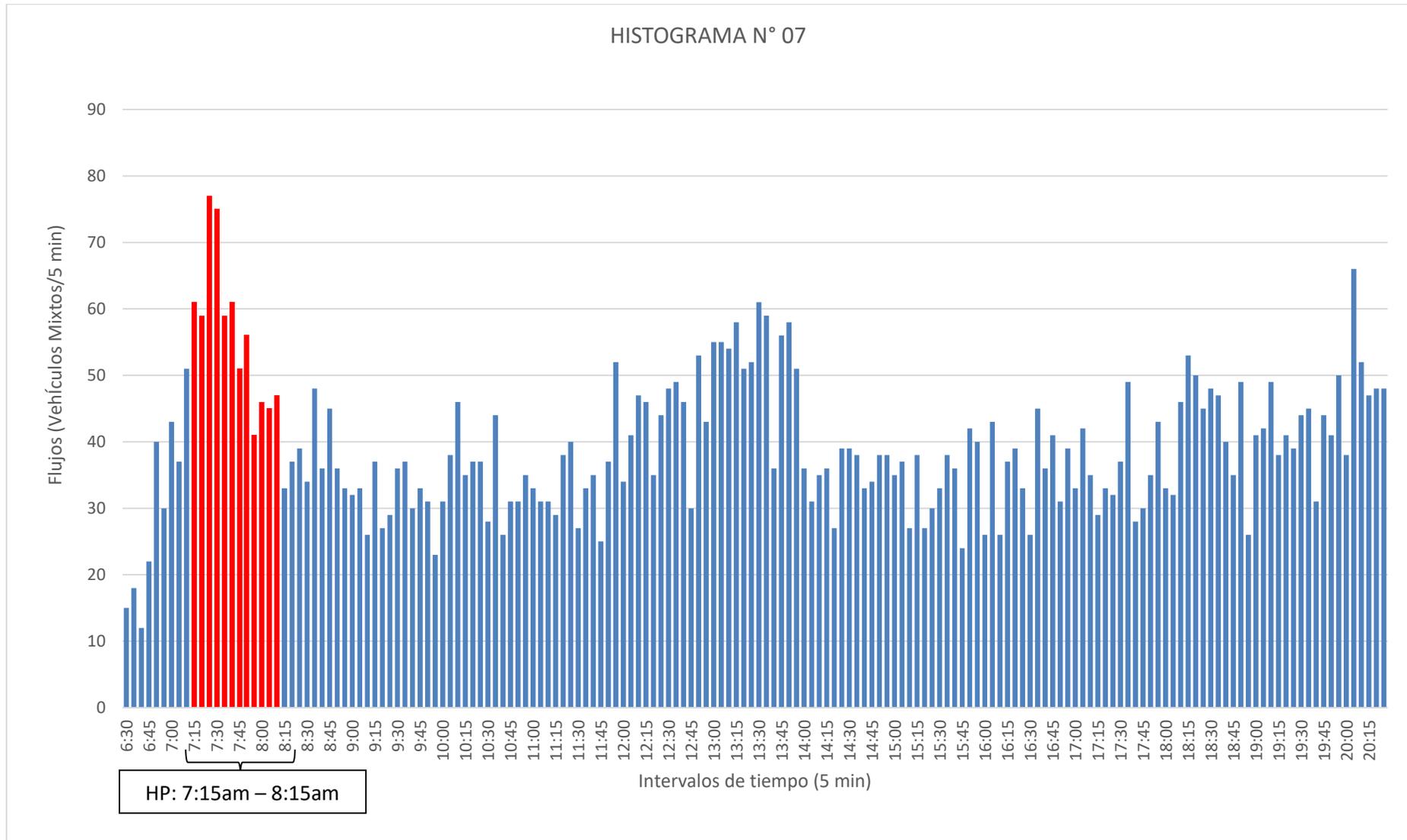
Periodo	Flujo cada 5 minutos	Periodo	Flujo cada 10 minutos	Periodo	Flujo cada 15 minutos
10:00 a 10:05	31	10:00 a 10:10	69	10:00 a 10:15	115
10:05 a 10:10	38	10:10 a 10:20	81	10:15 a 10:30	109
10:10 a 10:15	46	10:20 a 10:30	74	10:30 a 10:45	98
10:15 a 10:20	35	10:30 a 10:40	72	10:45 a 11:00	97
10:20 a 10:25	37	10:40 a 10:50	57	11:00 a 11:15	95
10:25 a 10:30	37	10:50 a 11:00	66	11:10 a 11:20	60
10:30 a 10:35	28	11:00 a 11:10	64	11:20 a 11:30	78
10:35 a 10:40	44	11:10 a 11:20	60	11:30 a 11:45	95
10:40 a 10:45	26	11:20 a 11:30	78	11:45 a 12:00	114
10:45 a 10:50	31	11:30 a 11:40	60	12:00 a 12:15	122
10:50 a 10:55	31	11:40 a 11:50	60	12:15 a 12:30	125
10:55 a 11:00	35	11:50 a 12:00	89	12:30 a 12:45	143
11:00 a 11:05	33	12:00 a 12:10	75	12:45 a 13:00	126
11:05 a 11:10	31	12:10 a 12:20	93	13:00 a 13:15	164
11:10 a 11:15	31	12:20 a 12:30	79	13:10 a 13:20	112
11:15 a 11:20	29	12:30 a 12:40	97	13:20 a 13:30	103
11:20 a 11:25	38	12:40 a 12:50	76	13:30 a 13:35	61
11:25 a 11:30	40	12:50 a 13:00	96	13:35 a 13:40	59
11:30 a 11:35	27	13:00 a 13:10	110	13:40 a 13:45	36
11:35 a 11:40	33	13:10 a 13:20	112	13:45 a 13:50	56
11:40 a 11:45	35	13:20 a 13:30	103	13:50 a 13:55	58
11:45 a 11:50	25	13:30 a 13:40	120	13:55 a 14:00	51
11:50 a 11:55	37	13:40 a 13:50	92		
11:55 a 12:00	52	13:50 a 14:00	109		
12:00 a 12:05	34				
12:05 a 12:10	41				
12:10 a 12:15	47				
12:15 a 12:20	46				
12:20 a 12:25	35				
12:25 a 12:30	44				
12:30 a 12:35	48				
12:35 a 12:40	49				
12:40 a 12:45	46				
12:45 a 12:50	30				
12:50 a 12:55	53				
12:55 a 13:00	43				
13:00 a 13:05	55				
13:05 a 13:10	55				
13:10 a 13:15	54				
13:15 a 13:20	58				
13:20 a 13:25	51				
13:25 a 13:30	52				
13:30 a 13:35	61				
13:35 a 13:40	59				
13:40 a 13:45	36				
13:45 a 13:50	56				
13:50 a 13:55	58				
13:55 a 14:00	51				

Periodo	Flujo cada 5 minutos	Periodo	Flujo cada 10 minutos	Periodo	Flujo cada 15 minutos
14:00 a 14:05	36	14:00 a 14:10	67	14:00 a 14:15	102
14:05 a 14:10	31	14:10 a 14:20	71	14:15 a 14:30	102
14:10 a 14:15	35	14:20 a 14:30	66	14:30 a 14:45	110
14:15 a 14:20	36	14:30 a 14:40	77	14:45 a 15:00	110
14:20 a 14:25	27	14:40 a 14:50	67	15:00 a 15:15	99
14:25 a 14:30	39	14:50 a 15:00	76	15:15 a 15:30	95
14:30 a 14:35	39	15:00 a 15:10	72	15:30 a 15:45	107
14:35 a 14:40	38	15:10 a 15:20	65	15:45 a 16:00	106
14:40 a 14:45	33	15:20 a 15:30	57	16:00 a 16:15	95
14:45 a 14:50	34	15:30 a 15:40	71	16:15 a 16:30	109
14:50 a 14:55	38	15:40 a 15:50	60	16:30 a 16:45	107
14:55 a 15:00	38	15:50 a 16:00	82	16:45 a 17:00	111
15:00 a 15:05	35	16:00 a 16:10	69	17:00 a 17:15	110
15:05 a 15:10	37	16:10 a 16:20	63	17:15 a 17:30	94
15:10 a 15:15	27	16:20 a 16:30	72	17:30 a 17:45	114
15:15 a 15:20	38	16:30 a 16:40	71	17:45 a 18:00	108
15:20 a 15:25	27	16:40 a 16:50	77		
15:25 a 15:30	30	16:50 a 17:00	70		
15:30 a 15:35	33	17:00 a 17:10	75		
15:35 a 15:40	38	17:10 a 17:20	64		
15:40 a 15:45	36	17:20 a 17:30	65		
15:45 a 15:50	24	17:30 a 17:40	86		
15:50 a 15:55	42	17:40 a 17:50	58		
15:55 a 16:00	40	17:50 a 18:00	78		
16:00 a 16:05	26				
16:05 a 16:10	43				
16:10 a 16:15	26				
16:15 a 16:20	37				
16:20 a 16:25	39				
16:25 a 16:30	33				
16:30 a 16:35	26				
16:35 a 16:40	45				
16:40 a 16:45	36				
16:45 a 16:50	41				
16:50 a 16:55	31				
16:55 a 17:00	39				
17:00 a 17:05	33				
17:05 a 17:10	42				
17:10 a 17:15	35				
17:15 a 17:20	29				
17:20 a 17:25	33				
17:25 a 17:30	32				
17:30 a 17:35	37				
17:35 a 17:40	49				
17:40 a 17:45	28				
17:45 a 17:50	30				
17:50 a 17:55	35				
17:55 a 18:00	43				

Periodo	Flujo cada 5 minutos	Periodo	Flujo cada 10 minutos	Periodo	Flujo cada 15 minutos
18:00 a 18:05	33	18:00 a 18:10	65	18:00 a 18:15	111
18:05 a 18:10	32	18:10 a 18:20	99	18:15 a 18:30	148
18:10 a 18:15	46	18:20 a 18:30	95	18:30 a 18:45	135
18:15 a 18:20	53	18:30 a 18:40	95	18:45 a 19:00	110
18:20 a 18:25	50	18:40 a 18:50	75	19:00 a 19:15	132
18:25 a 18:30	45	18:50 a 19:00	75	19:10 a 19:20	87
18:30 a 18:35	48	19:00 a 19:10	83	19:20 a 19:30	80
18:35 a 18:40	47	19:10 a 19:20	87	19:30 a 19:40	89
18:40 a 18:45	40	19:20 a 19:30	80	19:40 a 19:50	75
18:45 a 18:50	35	19:30 a 19:40	89	19:50 a 20:00	91
18:50 a 18:55	49	19:40 a 19:50	75	20:00 a 20:05	38
18:55 a 19:00	26	19:50 a 20:00	91	20:05 a 20:10	66
19:00 a 19:05	41	20:00 a 20:10	104	20:10 a 20:15	52
19:05 a 19:10	42	20:10 a 20:20	99	20:15 a 20:20	47
19:10 a 19:15	49	20:20 a 20:30	96	20:20 a 20:25	48
19:15 a 19:20	38	TOTAL	6640	20:25 a 20:30	48
19:20 a 19:25	41			TOTAL	6640
19:25 a 19:30	39				
19:30 a 19:35	44				
19:35 a 19:40	45				
19:40 a 19:45	31				
19:45 a 19:50	44				
19:50 a 19:55	41				
19:55 a 20:00	50				
20:00 a 20:05	38				
20:05 a 20:10	66				
20:10 a 20:15	52				
20:15 a 20:20	47				
20:20 a 20:25	48				
20:25 a 20:30	48				
TOTAL	6640	TOTAL	6640	TOTAL	6640

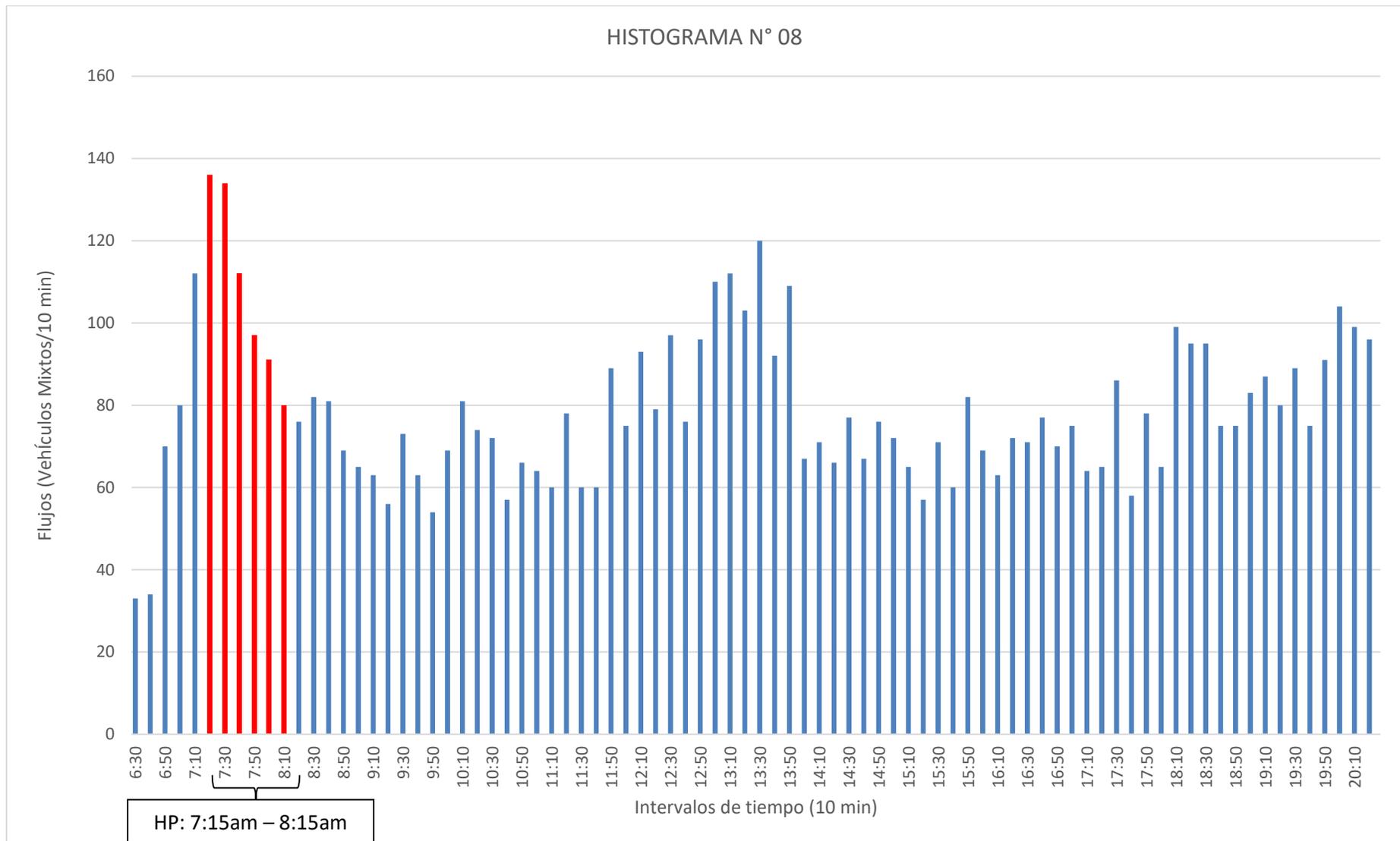
Fuente: Propia

Figura N°14: Variación del volumen de tránsito en la hora punta cada 5 min del Jr. A. Puga en la intersección con Jr. José Gálvez.



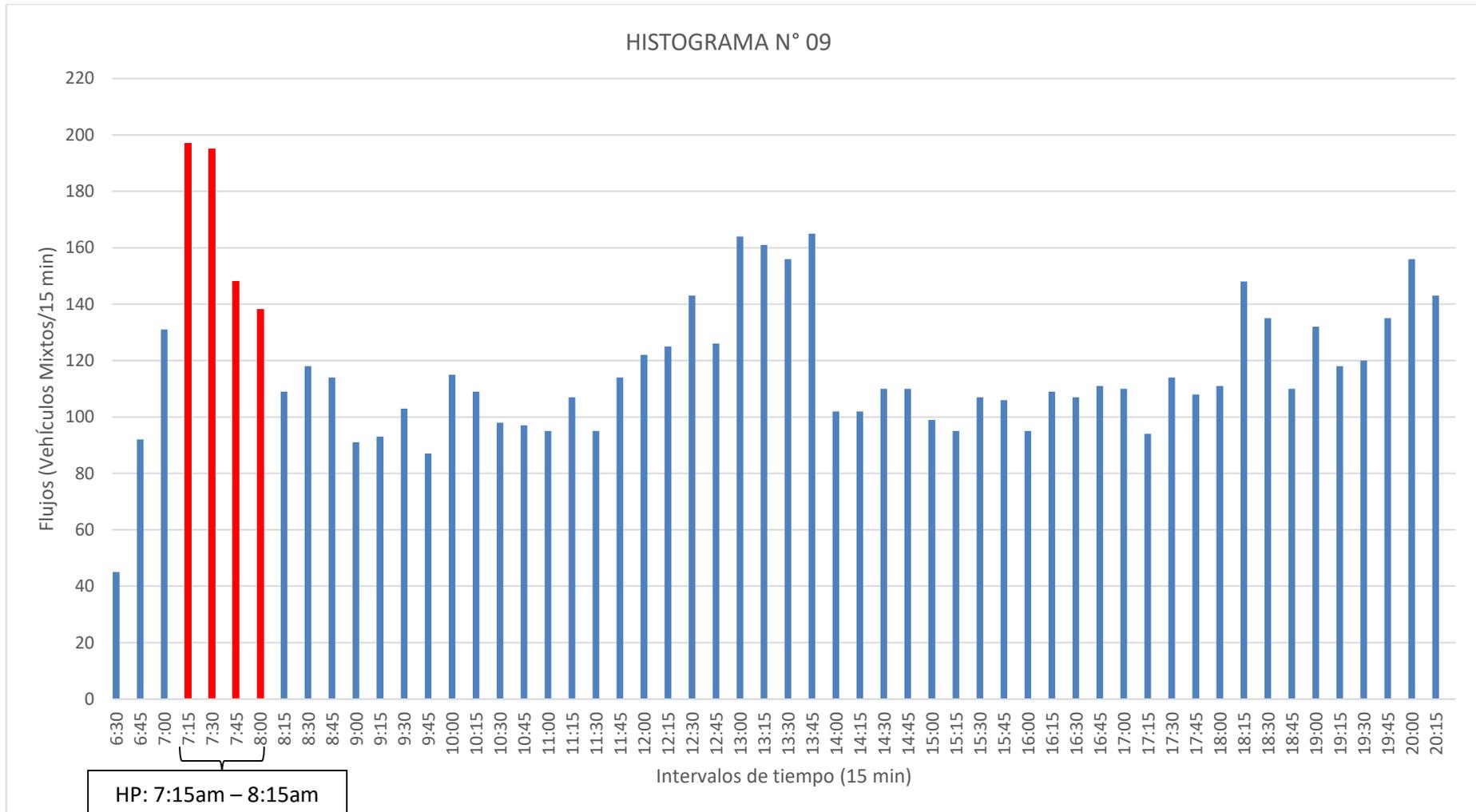
Fuente: Propia

Figura N°15: Variación del volumen de tránsito en la hora punta cada 10 min del Jr. A. Puga en la intersección con Jr. José Gálvez.



Fuente: Propia

Figura N°16: Variación del volumen de tránsito en la hora punta cada 15 min del Jr. A. Puga en la intersección con Jr. José Gálvez.



Fuente: Propia

- **Flujo vehicular en la hora punta**

Como se puede observar en los histogramas 7, 8 y 9 la hora punta en este punto de aforo es: **07:15 am – 08:15 am**. En la siguiente tabla observamos el flujo vehicular en este periodo:

Tabla N° 32: Flujo vehicular en la hora punta del Jr. Amalia Puga en la intersección con Jr. José Gálvez.

Periodo cada 5 min. 7:15 - 8:15 am	Flujo	Periodo cada 10 min. 7:15 - 8:15 am	Flujo	Periodo cada 15 min. 7:15 - 8:15 am	Flujo
7:15 a 7:20	61	7:15 a 7:25	120	7:15 a 7:30	197
7:20 a 7:25	59				
7:25 a 7:30	77	7:25 a 7:35	152		
7:30 a 7:35	75			7:30 a 7:45	195
7:35 a 7:40	59	7:35 a 7:45	120		
7:40 a 7:45	61			7:45 a 8:00	148
7:45 a 7:50	51	7:45 a 7:55	107		
7:50 a 7:55	56			8:00 a 8:15	138
7:55 a 8:00	41	7:55 a 8:05	87		
8:00 a 8:05	46				
8:05 a 8:10	45	8:05 a 8:15	92		
8:10 a 8:15	47				
Volumen 5 min	678	Volumen 10 min	678	Volumen 15 min	678

Fuente: Propia

- **Factor de hora punta (FHP)**

Para calcular el factor de hora punta, utilizamos la ecuación (Ec. 01) en los periodos cada 5, 10 y 15 minutos. (El FHP_{15min} es el que vamos a utilizar para cálculos posteriores)

$$FHP_{5min} = \frac{I_h}{12(I_{12})} = \frac{678}{12(77)} = 0.73$$

$$FHP_{10min} = \frac{I_h}{6(I_6)} = \frac{678}{6(152)} = 0.74$$

$$FHP_{15min} = \frac{I_h}{4(I_4)} = \frac{678}{4(197)} = 0.86$$

2.3. ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIO DE LAS INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS CON LA METODOLOGÍA DEL HCM 2010

2.3.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS INTERSECCIONES EN ESTUDIO

Las dos intersecciones semaforizadas objeto de nuestro análisis se localizan en el Jr. Amalia Puga de la ciudad de Cajamarca. En sus proximidades se encuentran elementos que hacen que esta calle adquiera gran importancia en la ciudad de Cajamarca, tales como: La plaza de armas, Iglesia Catedral, Iglesia San Francisco, Iglesia Las Monjas, Cuarto de Rescate, y otros lugares más ubicados en la zona céntrica de esta ciudad. A continuación, se describe cada una de las intersecciones a analizar:

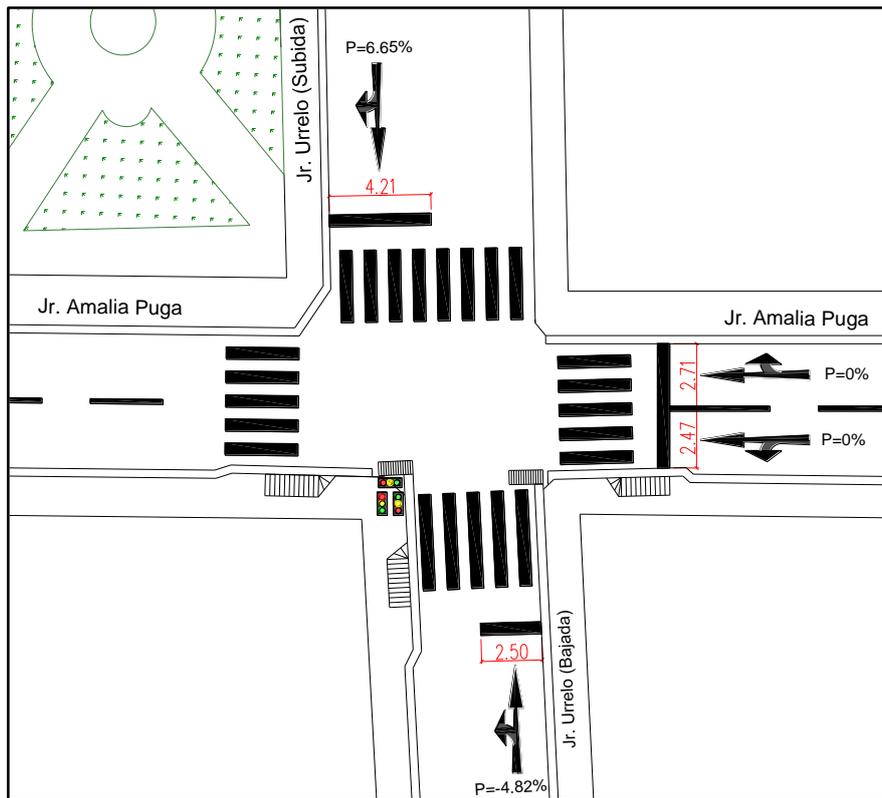
2.3.1.1. Intersección N° 01:

Se encuentra ubicada en la intersección del Jr. Amalia Puga con el Jr. Urrelo en la progresiva 0+320 del Tramo N° 01. El Jr. Amalia Puga dispone de dos carriles con sentido unidireccional, en los cuales los vehículos circulan de Este a Oeste, y el jirón Urrelo también cuenta con dos carriles, pero con sentido bidireccional, es decir que los vehículos circulan de Norte a Sur en un carril, y de Sur a Norte en el otro carril. Por esta intersección circulan gran variedad de vehículos principalmente vehículos livianos como se puede observar en la **Figura N° 05**. En la **Figura N° 17** se aprecia una vista completa aérea de la intersección.

2.3.1.2. Intersección N° 02:

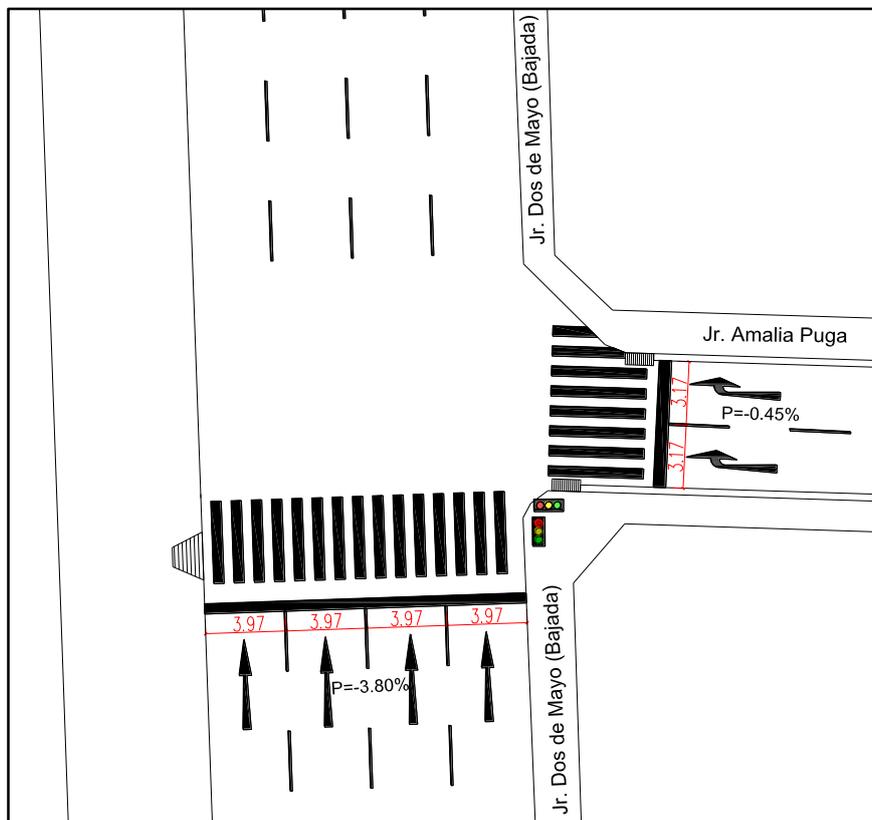
Se encuentra ubicada en la intersección del Jr. Amalia Puga con el Jr. Dos de Mayo en la progresiva 0+550 del Tramo N° 01. El Jr. Amalia Puga dispone de dos carriles con sentido unidireccional, en los cuales los vehículos circulan de Este a Oeste, y el jirón Dos de Mayo cuenta con cuatro carriles, también con sentido unidireccional, en los cuales los vehículos circulan de Sur a Norte. Por esta intersección circulan gran variedad de vehículos principalmente vehículos livianos como se puede observar en la **Figura N° 06**. En la **Figura N° 17** se aprecia una vista completa aérea de la intersección.

Figura N°18: Intersección semaforizada N° 01: Jr. Amalia Puga y Jr. Urrelo.



Fuente: Propia

Figura N°19: Intersección semaforizada N° 02: Jr. Amalia Puga y Jr. Dos de Mayo.



Fuente: Propia

2.3.2.2. Condiciones de tráfico:

En las **Tablas N° 33** y **N° 34** se muestra los aforos vehiculares en las 2 intersecciones semaforizadas durante la hora punta.

Tabla N° 33: Aforo vehicular en la hora punta de la intersección semaforizada N° 01: Jr. Amalia Puga y Jr. Urrelo.

CLASIFICACIÓN	DIRECCIÓN	ACCESOS			
		OESTE	NORTE	SUR	
AUTO		I	2	16	0
		R	98	13	20
		D	13	0	8
TAXI		I	9	47	0
		R	330	25	51
		D	20	0	46
CAM. CERRADA		I	1	16	0
		R	72	13	19
		D	4	0	13
CAM ABIERTA		I	1	7	0
		R	40	5	4
		D	2	0	4
COMBI		I	1	4	0
		R	6	0	0
		D	1	0	1
MICROBUS		I	0	1	0
		R	0	0	0
		D	0	0	0
BUS		I	0	0	0
		R	0	0	0
		D	0	0	0
CAMIÓN		I	0	0	0
		R	4	3	5
		D	3	0	1
MOTO LINEAL		I	11	13	0
		R	156	35	21
		D	10	0	21
TOTAL VEHÍCULOS MIXTOS		I	25	104	0
		R	706	94	120
		D	53	0	94
TOTAL POR ACCESO			784	198	214
TOTAL INTERSECCIÓN				1196	

Fuente: Propia

Tabla N° 34: Aforo vehicular en la hora punta de la intersección semaforizada N° 02: Jr. Amalia Puga y Jr. Dos de Mayo.

CLASIFICACIÓN	DIRECCIÓN	ACCESOS		
		OESTE	NORTE	
AUTO		I	0	0
		R	0	86
		D	162	0
TAXI		I	0	0
		R	0	195
		D	429	0
CAM. CERRADA		I	0	0
		R	0	47
		D	83	0
CAM ABIERTA		I	0	0
		R	0	22
		D	52	0
COMBI		I	0	0
		R	0	9
		D	6	0
MICROBUS		I	0	0
		R	0	0
		D	0	0
BUS		I	0	0
		R	0	0
		D	0	0
CAMIÓN		I	0	0
		R	0	0
		D	5	0
MOTO LINEAL		I	0	0
		R	0	90
		D	224	0
TOTAL VEHÍCULOS MIXTOS		I	0	0
		R	0	449
		D	961	0
TOTAL POR ACCESO			961	449
TOTAL INTERSECCIÓN			1410	

Fuente: Propia

De la **Tabla N° 33** obtenemos los volúmenes de tráfico vehicular en la hora punta (7:15 am – 8:15 am) de la intersección semaforizada N° 01: Jr. Amalia Puga y Jr. Urrelo.

Tabla N° 35: Volumen de tráfico en la hora punta en la intersección N° 01.

	OESTE			NORTE			SUR		
VOLUMEN EN LA HORA PUNTA	I	R	D	I	R	D	I	R	D
Volumen , V (veh/h)	25	706	53	104	94	0	0	120	94
Factor de hora punta, FHP	0.899			0.884			0.823		

Fuente: Propia

De la **Tabla N° 34** obtenemos los volúmenes de tráfico vehicular en la hora punta (7:15 am – 8:15 am) de la intersección semaforizada N° 02: Jr. Amalia Puga y Jr. Dos de Mayo.

Tabla N° 36: Volumen de tráfico en la hora punta en la intersección N° 02.

	OESTE			NORTE		
VOLUMEN EN LA HORA PUNTA	I	R	D	I	R	D
Volumen , V (veh/h)	0	0	961	0	449	0
Factor de hora punta, FHP	0.965			0.863		

Fuente: Propia

2.3.2.3. Condiciones de señalización:

2.3.2.3.1. Volumen de peatones y volumen de ciclistas

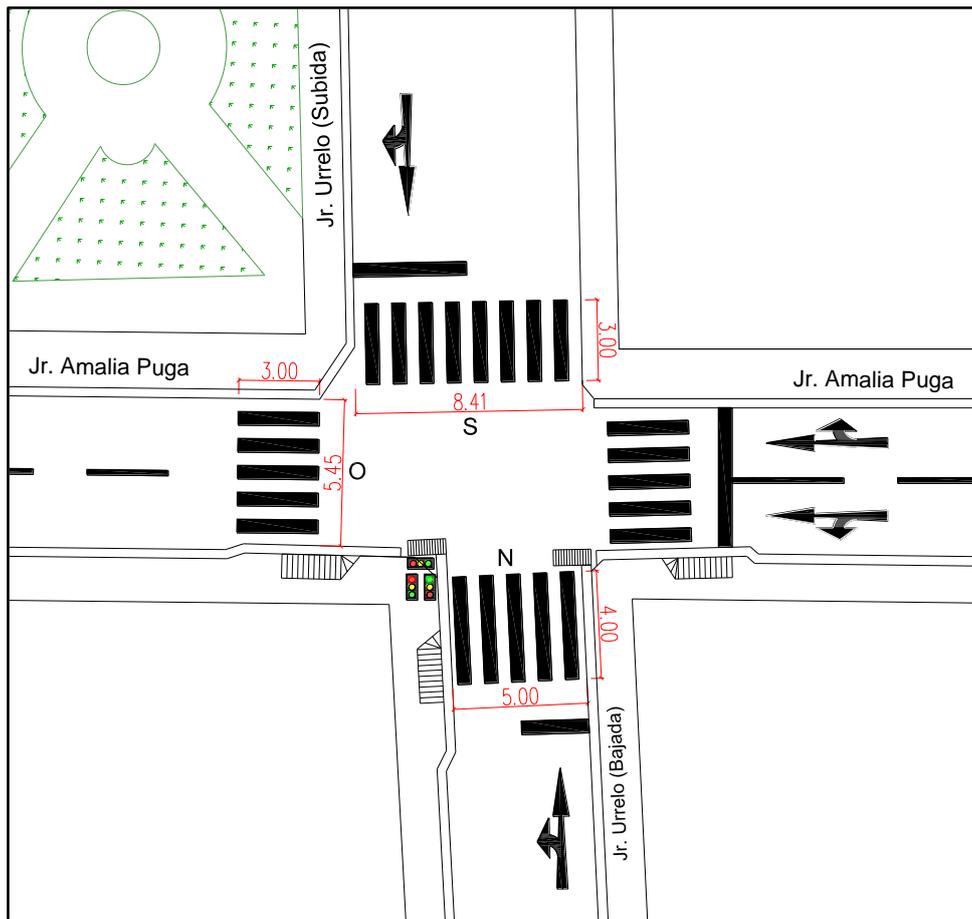
Al encontrarse las intersecciones en puntos concurridos por los ciudadanos, se tendrá en cuenta en los posteriores cálculos, el volumen de peatones y ciclistas que intervienen en ella durante la hora punta. Los datos se muestran en la **Tabla N° 37** y **Tabla N° 38**.

Tabla N° 37: Volumen de peatones y ciclistas en la intersección N° 01.

MEDICIONES DE AFORO	OESTE	NORTE	SUR
Volumen de peatones (p/h)	62	185	318
Longitud cruce peatonal (m)	5.45	5.00	8.41
Ancho paso de peatones (m)	3.00	4.00	3.00
Volumen de ciclistas (bc/h)	12	5	0

Fuente: Propia

Figura N°20: Dimensiones de cruces peatonales en la intersección semaforizada N° 01



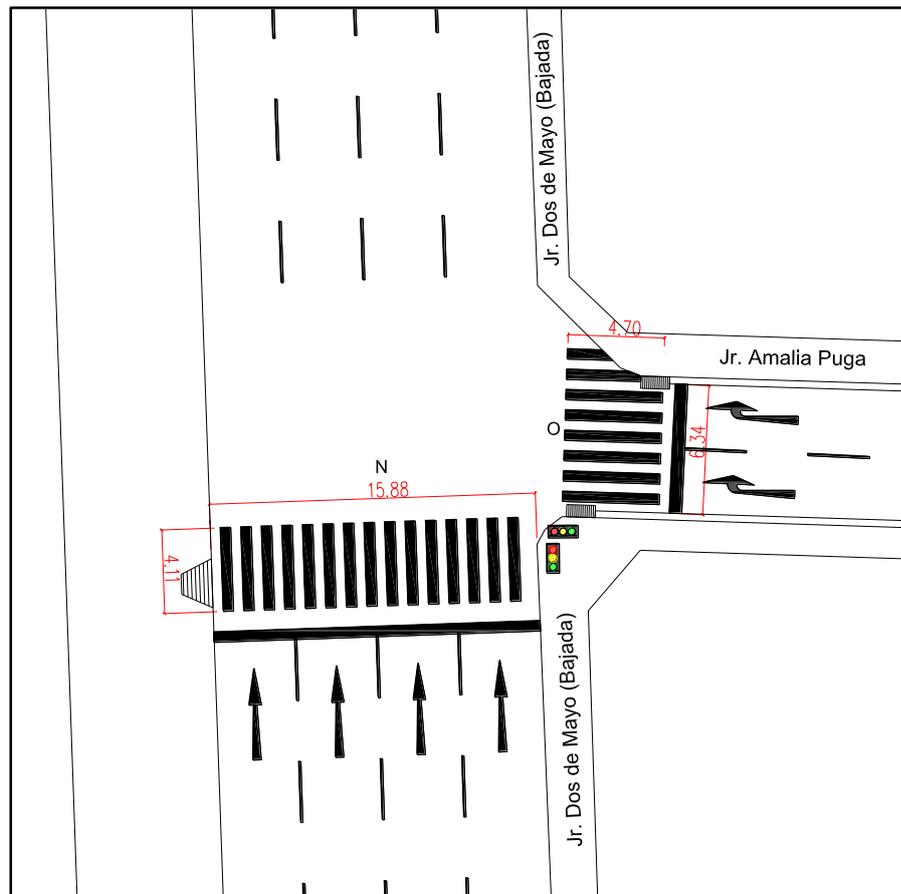
Fuente: Propia

Tabla N° 38: Volumen de peatones y ciclistas en la intersección N° 02.

MEDICIONES DE AFORO	OESTE	NORTE
Volumen de peatones (Pd/h)	112	248
Longitud cruce peatonal (m)	6.34	15.88
Ancho paso de peatones (m)	4.70	4.11
Volumen de ciclistas (bc/h)	14	9

Fuente: Propia

Figura N° 21: Dimensiones de cruces peatonales en la intersección semaforizada N° 02



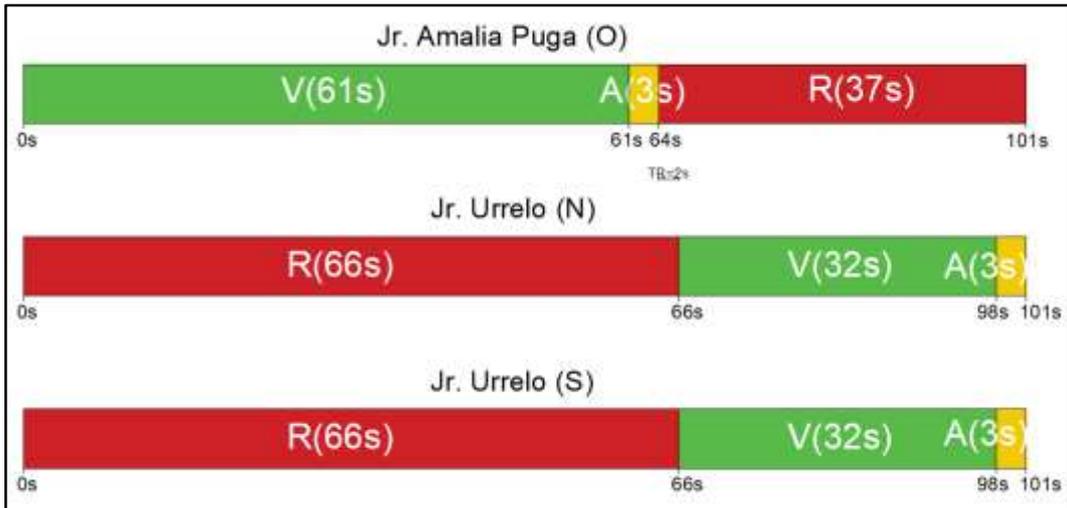
Fuente: Propia

2.3.2.3.2. Reglaje semafórico

Como se pudo constatar en campo, ambas intersecciones cuentan con semáforos pre programados. El reglaje de los semáforos de cada intersección se obtuvo de forma manual con la ayuda de un cronómetro, para determinar los tiempos reales de la duración del ciclo semafórico, tiempo de verde, ámbar y rojo; para esto se tomaron 10 registros de datos como se puede observar en el ANEXO 01.

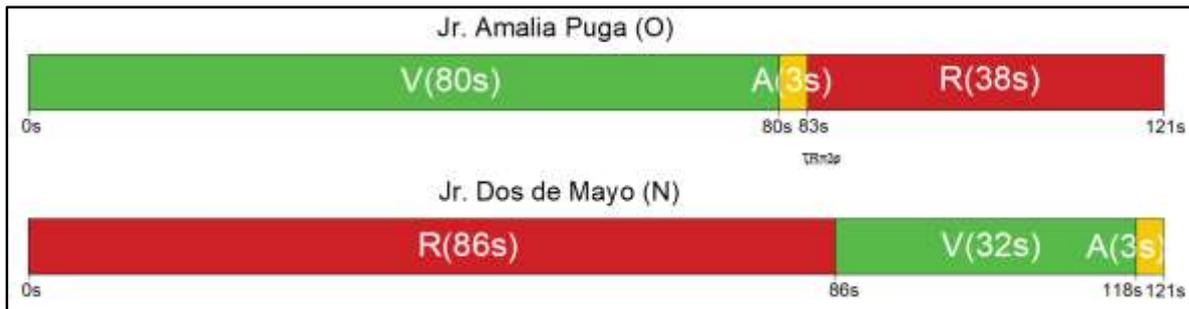
El ciclo semafórico para la intersección semaforizada N° 01 es de 101 segundos como se puede observar en la **Figura N° 22**, además, presenta una fase de Todo Rojo de 2 segundos. El ciclo semafórico para la intersección semaforizada N° 02 es de 121 segundos como se puede observar en la **Figura N° 23**, además, presenta una fase de Todo Rojo de 3 segundos.

Figura N°22: Reglaje semafórico de la intersección semaforizada N° 01



Fuente: Propia

Figura N°23: Reglaje semafórico de la intersección semaforizada N° 02



Fuente: Propia

Con los tiempos de verde, rojo y ambar obtenidos, y con ayuda de la ecuación **Ec. 55** obtenemos los valores de verde efectivo (g) y rojo efectivo (r) del semáforo, los cuales se muestran en la **Tabla N° 39** y **Tabla N° 40**.

Tabla N° 39: Parámetros del ciclo semafórico de la intersección N° 01.

	OESTE	NORTE	SUR
FACTORES (seg)			
V	61	32	32
y	3	3	3
R	37	66	66
C	101	101	101
TR	2	2	2
l_1	2	2	2
e	2	2	2
$l_2 = y + TR - e$	3	3	3
$L = l_1 + l_2$	5	5	5
$g = V + y - L$	59	30	30
$r = R + L$	42	71	71

Fuente: Propia

Tabla N° 40: Parámetros del ciclo semafórico de la intersección N° 02.

	OESTE	NORTE
FACTORES (seg)		
V	80	32
y	3	3
R	38	86
C	121	121
TR	3	3
l_1	2	2
e	2	2
$l_2 = y + TR - e$	4	4
$L = l_1 + l_2$	6	6
$g = V + y - L$	77	29
$r = R + L$	44	92

Fuente: Propia

Cabe mencionar que para los cálculos posteriores se consideraron los valores de la **Figura N° 22** y **Figura N° 23**, ya que como lo indica el (TRB 2010), para el análisis de semáforos programados los datos del reglaje semafórico a utilizar son los obtenidos en mediciones de campo.

2.3.2.4. Resumen parámetros de entrada

En la **Tabla N° 41** y **Tabla N° 42** se muestra un resumen general de todos los parámetros de entrada de la intersección N° 01 y N° 02 respectivamente. Estos parámetros serán necesarios para aplicar la metodología del (TRB 2010) y poder determinar el nivel de servicio de las intersecciones.

Tabla N° 41: Resumen parámetros de entrada en la intersección N° 01.

RESUMEN: PARÁMETROS DE ENTRADA INTERSECCIÓN N° 01	
Información general:	Ubicación:
Analista: LLANOS SANGAY, Héctor Luís	Intersección N° 01: Jr. Amalia Puga y Jr. Urrelo
Periodo de análisis: 1 hora	Ciudad: Cajamarca
	Mayo 2018
Geometría de la intersección	
<p>El diagrama muestra un cruce de calles con un semáforo. Jr. Urrelo (Subida) cruza Jr. Amalia Puga. Se indican pendientes de 6.65% y -4.82%. Los anchos de carril son 4.21m, 2.71m y 2.50m. Se muestra un semáforo con un ciclo de 101 segundos.</p>	
Volumen y condiciones de señalización	

Datos	OESTE			ESTE			NORTE			SUR		
	I	R	D	I	R	D	I	R	D	I	R	D
Volumen (veh/h)	25	706	53	-	-	-	104	94	0	0	120	94
Número de carriles	2			-			1			1		
Ancho de carril	2.71, 2.47			-			2.50			4.21		
FHP	0.899			-			0.884			0.823		
Vehículos pesados (%)	0.89			-			2.02			2.80		
Pendiente (%)	0			-			-4.82			6.65		
Maniobras de estacionamiento	5			-			0			0		
Parada de autobuses	0			-			0			0		
Volumen peatones	62			-			185			318		
Volumen ciclistas	12			-			5			0		
Duración de ciclo semafórico (seg)							101					
Verde efectivo (seg)	61			-			32			32		
Ámbar más rojo (seg)	40			-			69			69		

Fuente: Propia

Tabla N° 42: Resumen parámetros de entrada en la intersección N° 02.

RESUMEN: PARÁMETROS DE ENTRADA									
Información general:		Ubicación:							
Analista: LLANOS SANGAY, Héctor Luís		Intersección N° 02: Jr. Amalia Puga y Jr. Dos de Mayo							
Periodo de análisis: 1 hora		Ciudad: Cajamarca							
		Mayo 2018							
Geometría de la intersección									
Volumen y condiciones de señalización									
Datos	OESTE		ESTE		NORTE		SUR		
	I	R D	I	R D	I	R D	I	R D	
Volumen (veh/h)	0	0 961	-	-	0	449	0	-	-
Número de carriles		2		-		4			-
Ancho de carril		3.17		-		3.97			-
FHP		0.965		-		0.863			-
Vehículos pesados (%)		0.52		-		0.00			-
Pendiente (%)		-0.45		-		-3.80			-
Maniobras de estacionamiento		16		-		0			-
Parada de autobuses		0		-		0			-
Volumen peatones		112		-		248			-
Volumen ciclistas		14		-		9			-
Duración de ciclo semafórico (seg)						121			
Verde efectivo (seg)		80		-		32			-
Ámbar más rojo (seg)		41		-		89			-

Fuente: Propia

2.3.3. APLICACIÓN METODOLOGÍA HCM 2010 PARA DETERMINAR EL NIVEL DE SERVICIO

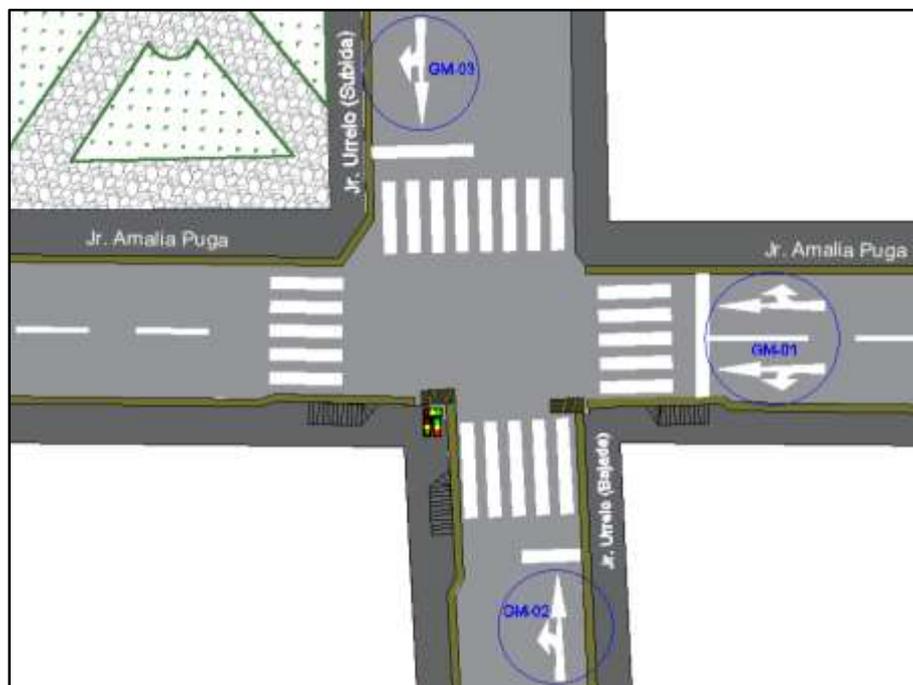
2.3.3.1. PASO 1: Determinación de los grupos de movimientos y grupos de carriles

Para definir los grupos de movimientos y grupos de carriles utilizaremos los conceptos teóricos establecidos anteriormente. Posteriormente obtenemos los grupos de movimientos y grupos de carriles, los cuales se han establecido según las maniobras que realizan los conductores sobre los diferentes carriles, respetando las marcas viales existentes.

2.3.3.1.1. GRUPO DE MOVIMIENTOS:

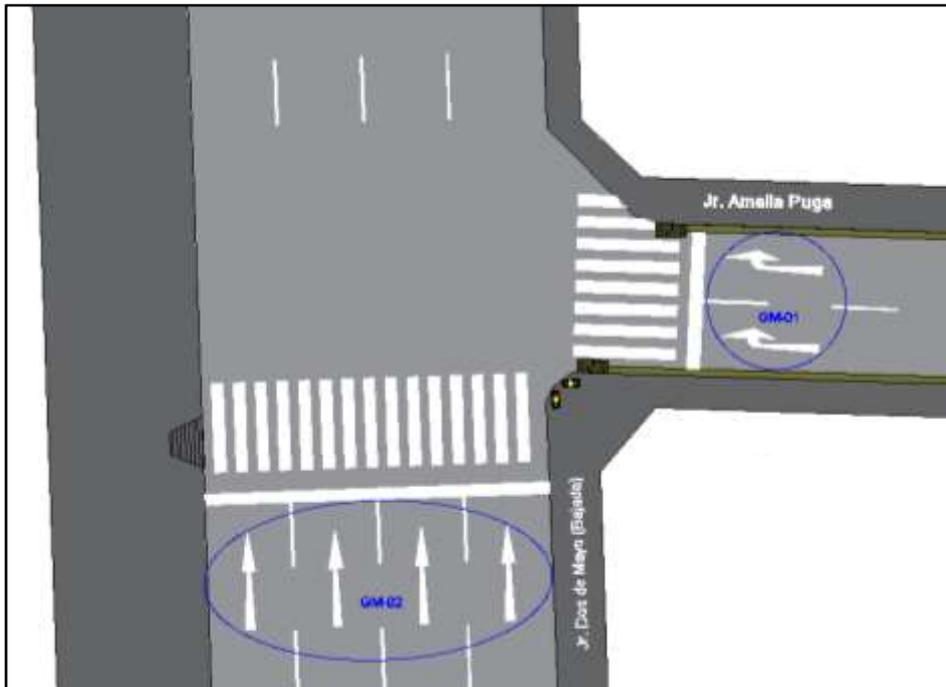
En la **figura N° 24** y **figura N° 25** se muestran los grupos de movimientos en las intersecciones N° 01 y N° 02 respectivamente:

Figura N°24: Grupos de movimientos en la intersección semaforizada N° 01.



Fuente: Propia

Figura N°25: Grupos de movimientos en la intersección semaforizada N° 02.

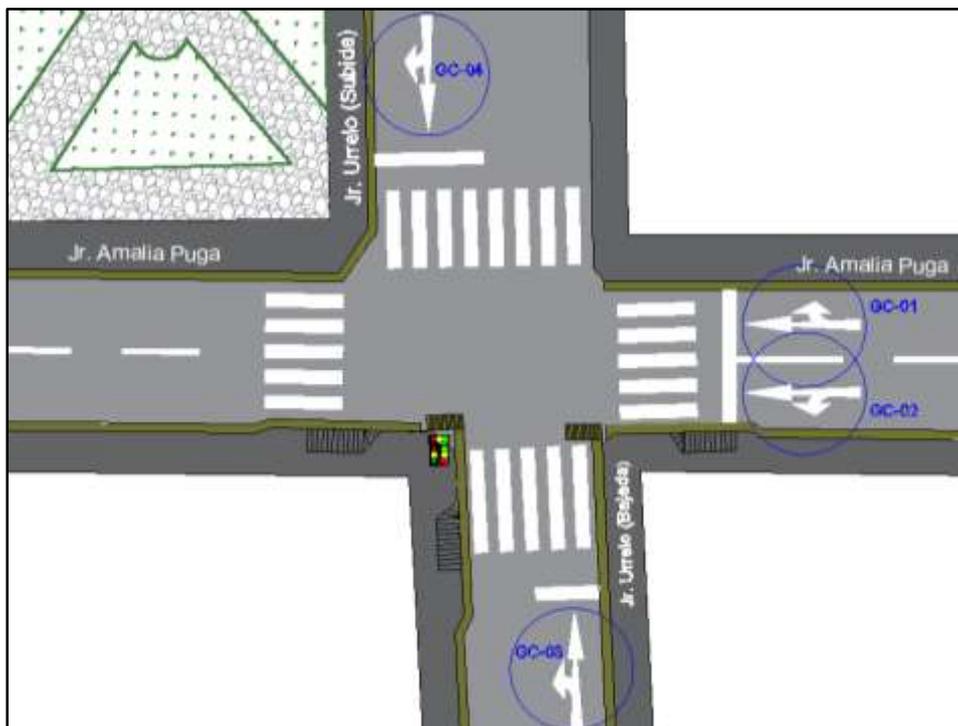


Fuente: Propia

2.3.3.1.2. GRUPO DE CARRILES:

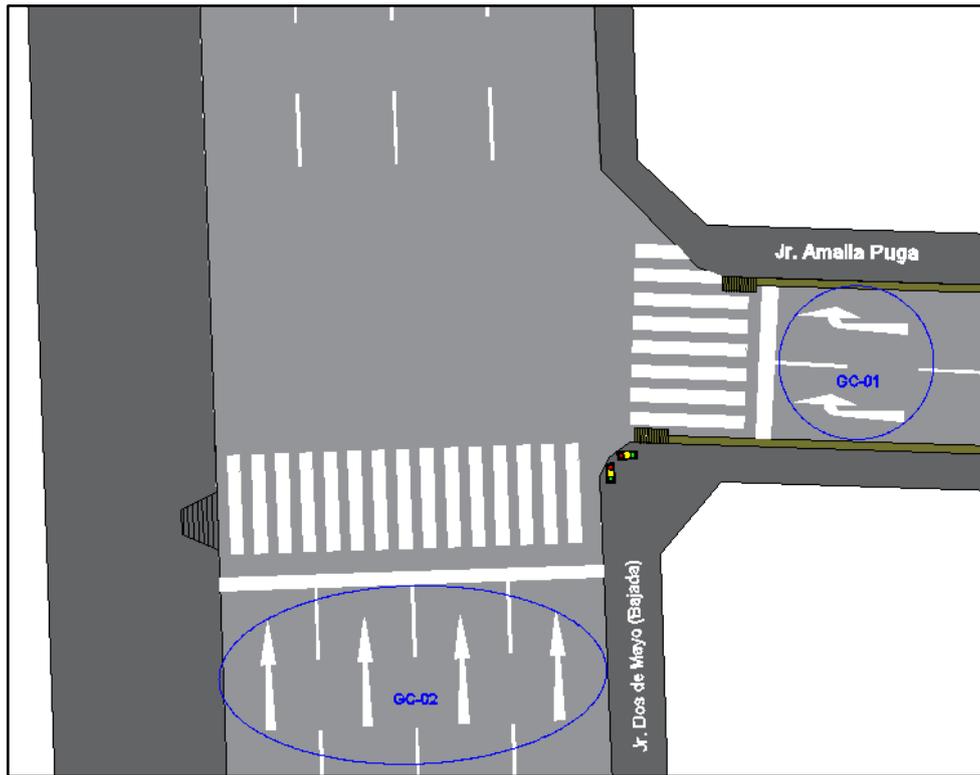
En la **Figura N° 26** y **Figura N° 27** se muestran los grupos de carriles en las intersecciones N° 01 y N° 02 respectivamente:

Figura N°26: Grupos de carriles en la intersección semaforizada N° 01.



Fuente: Propia

Figura N°27: Grupos de carriles en la intersección semaforizada N° 02.



Fuente: Propia

2.3.3.2. PASO 2: Determinación de la tasa de flujo para cada grupo de movimiento

A continuación, determinamos la tasa de flujo para cada grupo de movimiento:

Tabla N° 43: Tasa de flujo de los grupos de movimientos en la intersección N° 01.

VOLUMEN GRUPO DE MOVIMIENTOS	OESTE GM-01			NORTE GM-02			SUR GM-03		
	I	R	D	I	R	D	I	R	D
Volumen (veh/h)	25	706	53	104	94	0	0	120	94
Volumen total, V (veh/h)	784			198			214		

Fuente: Propia

Tabla N° 44: Tasa de flujo en los grupos de movimientos en la intersección N° 02.

	OESTE GM - 01			NORTE GM - 02		
						
VOLUMEN GRUPO DE MOVIMIENTOS	I	R	D	I	R	D
Volumen (veh/h)	0	0	961	0	449	0
Volumen total, V (veh/h)	961			449		

Fuente: Propia

2.3.3.3. PASO 3: Determinación de la tasa de flujo para cada grupo de carriles

En los siguientes cuadros se establece para cada grupo de carriles la intensidad de vehículos por hora, los cuales han sido obtenidos en la hora punta, y la tasa de flujo ajustado para cada grupo de carriles, obtenidos con el factor de hora punta (FHP).

Tabla N° 45: Tasa de flujo en los grupos de carriles en la intersección N° 01.

	OESTE						NORTE			SUR		
	GC-01		GC-02				GC-03			GC-04		
												
AJUSTE DE VOLUMEN	I	R	D	I	R	D	I	R	D	I	R	D
Volumen , V (veh/h)	0	353	53	25	353	0	104	94	0	0	120	94
Factor de hora punta, FHP	0.899		0.899				0.884			0.823		
Flujo ajustado, $V_p=V/FHP$ (veh/h)	0	393	59	28	393	0	118	106	0	0	146	114
Flujo ajustado en el G.C., v (veh/h)	452		420				224			260		
Proporción de giros (GI o GD)	0	-	0.1	0.1	-	0	0.5	-	0	0	-	0.4

Fuente: Propia

Tabla N° 46: Tasa de flujo en los grupos de carriles en la intersección N° 02.

	OESTE GC-01			NORTE GC-02		
						
AJUSTE DE VOLUMEN	I	R	D	I	R	D
Volumen , V (veh/h)	0	0	961	0	449	0
Factor de hora punta, FHP	0.965			0.863		
Flujo ajustado, $V_p=V/FHP$ (veh/h)	0	0	996	0	520	0
Flujo ajustado en el grupo de carriles, v (veh/h)	996			520		
Proporción de giros (PLT o PRT)	0	-	1	0	-	0

Fuente: Propia

2.3.3.4. PASO 4: Determinación de la tasa de flujo de saturación ajustada

En este paso calculamos el flujo de saturación ajustada, para cada grupo de carriles. Para su cálculo partimos del flujo de saturación básico (S_0), el cual según el HCM 2010 será de 1 900 veh/h/carril, dicho valor se ve afectado por una serie de factores, tal como se indica en la ecuación **Ec. 35**.

$$S = S_0 \times f_W \times f_{HV} \times f_g \times f_p \times f_{bb} \times f_a \times f_{LU} \times f_{LT} \times f_{RT} \times f_{Lpb} \times f_{Rpb} \quad \text{Ec. 35}$$

A continuación calculamos cada uno de los factores necesarios para determinar el flujo de saturación ajustada (S) para cada uno de los grupos de carriles, utilizando las respectivas fórmulas propuestas por (TRB 2010):

2.3.3.4.1. Flujo de saturación base (S_0)

$$S_0 = 1900 \text{ veh/h/carril}$$

2.3.3.4.2. Factor de ajuste por ancho de carriles (f_w)

Utilizando la **Tabla N° 09** obtenemos el factor de ajuste por ancho de carril para cada grupo de carriles:

Tabla N° 47: Factor de ajuste por ancho de carriles en la intersección N° 01.

	OESTE		NORTE	SUR
	GC-01	GC-02	GC-03	GC-04
				
Ancho de carril (m)	2.71	2.47	2.5	4.21
f_w	0.96	0.96	0.96	1.04

Fuente: Propia

Tabla N° 48: Factor de ajuste por ancho de carriles en la intersección N° 02.

	OESTE	NORTE
	GC-01	GC-02
		
Ancho de carril (m)	3.17	3.97
f_w	1.00	1.00

Fuente: Propia

2.3.3.4.3. Factor de ajuste por vehículos pesados (f_{HV})

Utilizando la ecuación Ec. 36 obtenemos el factor de ajuste por vehículos pesados para cada grupo de carriles:

Tabla N° 49: Factor de ajuste por vehículos pesados en la intersección N° 01.

	OESTE		NORTE	SUR
	GC-01	GC-02	GC-03	GC-04
				
P_{HV}	0.89	0.89	2.02	2.80
E_T	2	2	2	2
f_{HV}	0.991150	0.991150	0.980198	0.972727

Fuente: Propia

Tabla N° 50: Factor de ajuste por vehículos pesados en la intersección N° 02.

	OESTE	NORTE
	GC-01	GC-02
		
P_{HV}	0.52	0.00
E_T	2	2
f_{HV}	0.994824	1.000000

Fuente: Propia

2.3.3.4.4. Factor de ajuste por pendiente del acceso (f_g)

Utilizando la ecuación Ec. 37 obtenemos el factor de ajuste por pendiente para cada grupo de carriles:

Tabla N° 51: Factor de ajuste por pendiente en la intersección N° 01.

	OESTE		NORTE	SUR
	GC-01	GC-02	GC-03	GC-04
				
P_g	0.00	0.00	-4.82	6.65
f_g	1.000000	1.000000	1.024100	0.966750

Fuente: Propia

Tabla N° 52: Factor de ajuste por pendiente en la intersección N° 02.

	OESTE GC-01	NORTE GC-02
		
P_g	-0.45	-3.80
f_g	1.002250	1.019006

Fuente: Propia

2.3.3.4.5. Factor de ajuste por maniobras de estacionamiento (f_p)

Utilizando la ecuación **Ec. 38** obtenemos el factor de ajuste por maniobras de estacionamiento para cada grupo de carriles:

Tabla N° 53: Factor de ajuste por maniobras de estacionamiento en la intersección N° 01.

	OESTE GC-01	OESTE GC-02	NORTE GC-03	SUR GC-04
				
N	1	1	1	1
N_m	0	10	0	0
f_p	1.000000	0.850000	1.000000	1.000000

Fuente: Propia

Tabla N° 54: Factor de ajuste por maniobras de estacionamiento en la intersección N° 02.

	OESTE GC-01	NORTE GC-02
		
N	2	4
N_m	16	0
f_p	0.910000	1.000000

Fuente: Propia

2.3.3.4.6. Factor de ajuste por bloqueo de buses (f_{bb})

Utilizando la ecuación Ec. 39 obtenemos el factor de ajuste por bloqueo de buses para cada grupo de carriles:

Tabla N° 55: Factor de ajuste por bloqueo de buses en la intersección N° 01.

	OESTE		NORTE	SUR
	GC-01	GC-02	GC-03	GC-04
				
N	1	1	1	1
N_b	0	0	0	0
f_{bb}	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000

Fuente: Propia

Tabla N° 56: Factor de ajuste por bloqueo de buses en la intersección N° 02.

	OESTE	NORTE
	GC-01	GC-02
		
N	2	4
N_b	0	0
f_{bb}	1.000000	1.000000

Fuente: Propia

2.3.3.4.7. Factor de ajuste por tipo de área (f_a)

Nuestra zona de estudio está ubicada en un sector con actividad comercial, por lo que tomamos en consideración este factor:

Tabla N° 57: Factor de ajuste por tipo de área en la intersección N° 01.

	OESTE		NORTE	SUR
	GC-01	GC-02	GC-03	GC-04
				
f_a	0.900000	0.900000	0.900000	0.900000

Fuente: Propia

Tabla N° 58: Factor de ajuste por tipo de área en la intersección N° 02.

	OESTE GC-01	NORTE GC-02
		
f_a	0.900000	0.900000

Fuente: Propia

2.3.3.4.8. Factor de ajuste por utilización de carril (f_{LU})

Todos los grupos de carriles de la intersección N° 01 son compartidos, y la distribución del tráfico es uniforme en los carriles de la intersección N° 02, por lo que el valor para este factor es el siguiente:

Tabla N° 59: Factor de ajuste por utilización de carril en la intersección N° 01.

	OESTE		NORTE	SUR
	GC-01	GC-02	GC-03	GC-04
				
f_{LU}	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000

Fuente: Propia

Tabla N° 60: Factor de ajuste por utilización de carril en la intersección N° 02.

	OESTE GC-01	NORTE GC-02
		
f_{LU}	1.000000	1.000000

Fuente: Propia

2.3.3.4.9. Factor de ajuste por giros a la derecha (f_{RT})

Para nuestro caso, todos los carriles de la intersección N° 01 son únicos y compartidos y en la intersección N° 02 el carril en el sentido Oeste es doble, por lo que utilizando la **Tabla N° 10** el factor f_{RT} es el siguiente:

Tabla N° 61: Factor de ajuste por giros a la derecha en la intersección N° 01.

	OESTE		NORTE	SUR
	GC-01	GC-02	GC-03	GC-04
f_{RT}	0.850000	1.000000	1.000000	0.850000

Fuente: Propia

Tabla N° 62: Factor de ajuste por giros a la derecha en la intersección N° 02.

	OESTE	NORTE
	GC-01	GC-02
f_{RT}	0.750000	1.000000

Fuente: Propia

2.3.3.4.10. Factor de ajuste por giros a la izquierda (f_{LT})

Para nuestro caso, todos los carriles de la intersección N° 01 son únicos y compartidos, y en la intersección N° 02 no hay giros a la izquierda, por lo que utilizando la **Tabla N° 11** el factor f_{LT} es el siguiente:

Tabla N° 63: Factor de ajuste por giros a la izquierda en la intersección N° 01.

	OESTE		NORTE	SUR
	GC-01	GC-02	GC-03	GC-04
f_{LT}	1.000000	0.950000	0.950000	1.000000

Fuente: Propia

Tabla N° 64: Factor de ajuste por giros a la izquierda en la intersección N° 02.

	OESTE	NORTE
	GC-01	GC-02
f_{LT}	1.000000	1.000000

Fuente: Propia

2.3.3.4.11. Factor de ajuste por giros a la derecha de peatones y ciclistas (f_{Rpb})

Los factores de ajuste por giros a la derecha de peatones y ciclistas (f_{Rpb}) en la intersección N° 01 se calculan en la **Tabla N° 65** siguiendo el procedimiento descrito en el **punto 5.2.4.11.** del Capítulo II, y en la intersección N° 02 no hay presencia de peatones y ciclistas al girar a la derecha.

Tabla N° 65: Factor de ajuste por giros a la derecha de peatones y ciclistas en la intersección N° 01.

	OESTE		NORTE	SUR
	GC-01	GC-02	GC-03	GC-04
Longitud de ciclo, C (s)	101	-	-	101
Tiempo de servicio de peatones, g_{ped} (s)	61	-	-	32
Volumen peatonal, V_{ped} (p/h)	318	-	-	62
$V_{pedg} = V_{ped} \cdot \left(\frac{C}{g_{ped}}\right)$	526.524590	-	-	195.6875
$[OCC_{pedg} = \frac{V_{pedg}}{2000}]$, si $(V_{pedg} \leq 1000)$ ó	0.263262	-	-	0.097844
$[OCC_{pedg} = 0.4 + \frac{V_{pedg}}{10000}]$, si $(1000 \leq V_{pedg} \leq 5000)$				
Volumen ciclistas, V_{bic}	-	-	-	-
$V_{bicg} = V_{bic} \cdot \left(\frac{C}{g}\right)$	-	-	-	-
$OCC_{bicg} = 0.02 + \frac{V_{bicg}}{2700}$	-	-	-	-
$[OCC_r = \left(\frac{g_{ped}}{g}\right) \cdot OCC_{pedg}]$, si no hay ciclistas ó				
$[OCC_r = \left(\frac{g_{ped}}{g}\right) \cdot OCC_{pedg} + OCC_{bicg} -$	0.263262	-	-	0.097844
$-\left(\frac{g_{ped}}{g}\right) \cdot OCC_{pedg} \cdot OCC_{bicg}]$, si hay ciclistas				
Número de carriles de recepción, N_{rec}	1	-	-	1
Número de carriles de giro, N_{turn}	1	-	-	1
$[A_{pbT} = 1 - OCC_r]$, si $N_{rec} = N_{turn}$ ó	0.736738	-	-	0.902156
$[A_{pbT} = 1 - 0.6(OCC_r)]$, si $N_{rec} > N_{turn}$				
$f_{Rpb} = A_{pbT}$	0.736738	1	1	0.902156

Fuente: Propia

Tabla N° 66: Factor de ajuste por giros a la derecha de peatones y ciclistas en la intersección N° 02.

	OESTE GC-01	NORTE GC-02
		
f_{Rpb}	1.000000	1.000000

Fuente: Propia

2.3.3.4.12. Factor de ajuste por giros a la izquierda de peatones y ciclistas (f_{Lpb})

Los factores de ajuste por giros a la izquierda de peatones y ciclistas (f_{Lpb}) en la intersección N° 01 se calculan en la **Tabla N° 67** siguiendo el procedimiento descrito en el **punto 5.2.4.12.** del Capítulo II, y en la intersección N° 02 no hay giros a la izquierda.

Tabla N° 67: Factor de ajuste por giros a la izquierda de peatones y ciclistas en la intersección N° 01.

	OESTE		NORTE	SUR
	GC-01	GC-02	GC-03	GC-04
				
Longitud de ciclo, C (s)	-	101	101	-
Tiempo de servicio de peatones, g_{ped} (s)	-	61	32	-
Volumen peatonal, V_{ped} (p/h)	-	185	62	-
$V_{pedg} = V_{ped} \cdot \left(\frac{C}{g_{ped}}\right)$	-	306.311475	195.6875	-
$[OCC_{pedg} = \frac{V_{pedg}}{2000}]$, si $(V_{pedg} \leq 1000)$ ó	-	0.153156	0.097844	-
$[OCC_{pedg} = 0.4 + \frac{V_{pedg}}{10000}]$, si $(1000 \leq V_{pedg} \leq 5000)$	-			-
Volumen ciclistas, V_{bic}	-	5	-	-
$V_{bicg} = V_{bic} \cdot \left(\frac{C}{g}\right)$	-	8.278689	-	-
$OCC_{bicg} = 0.02 + \frac{V_{bicg}}{2700}$	-	0.023066	-	-
$[OCC_1 = \left(\frac{g_{ped}}{g}\right) \cdot OCC_{pedg}]$, si no hay ciclistas ó	-			-
$[OCC_1 = \left(\frac{g_{ped}}{g}\right) \cdot OCC_{pedg} + OCC_{bicg} -$	-	0.172689	0.097844	-
$-\left(\frac{g_{ped}}{g}\right) \cdot OCC_{pedg} \cdot OCC_{bicg}]$, si hay ciclistas	-			-
Número de carriles de recepción, N_{rec}	-	1	1	-
Número de carriles de giro, N_{turn}	-	1	1	-
$[A_{pbT} = 1 - OCC_1]$, si $N_{rec} = N_{turn}$ ó	-	0.827311	0.902156	-
$[A_{pbT} = 1 - 0.6(OCC_1)]$, si $N_{rec} > N_{turn}$	-			-
$f_{Lpb} = A_{pbT}$	1	0.827311	0.902156	1

Fuente: Propia

Tabla N° 68: Factor de ajuste por giros a la izquierda de peatones y ciclistas en la intersección N° 02.

	OESTE GC-01	NORTE GC-02
		
f_{Lpb}	1.000000	1.000000

Fuente: Propia

2.3.3.4.13. Cálculo del flujo de saturación ajustada (S)

Finalmente aplicando la ecuación Ec. 35, calculamos el flujo de saturación ajustada, para cada grupo de carriles:

Tabla N° 69: Cálculo del flujo de saturación ajustada en la intersección N° 01.

	OESTE		NORTE	SUR
	GC-01	GC-02	GC-03	GC-04
				
S_0	1900	1900	1900	1900
f_W	0.96	0.96	0.96	1.04
f_{HV}	0.991150	0.991150	0.980198	0.972727
f_g	1.000000	1.000000	1.024100	0.966750
f_p	1.000000	0.850000	1.000000	1.000000
f_{bb}	1	1	1	1
f_a	0.90	0.90	0.90	0.90
f_{LU}	1	1	1	1
f_{RT}	0.85	1	1	0.85
f_{LT}	1	0.95	0.95	1
f_{Rpb}	0.736738	1	1	0.902156
f_{Lpb}	1	0.827311	0.902156	1
S	1018.916852	1086.971475	1412.306305	1282.435144

Fuente: Propia

Tabla N° 70: Cálculo del flujo de saturación ajustada en la intersección N° 02.

	OESTE GC-01	NORTE GC-02
		
S_0	1900	1900
f_W	1.00	1.00
f_{HV}	0.994824	1.000000
f_g	1.002250	1.019006
f_p	0.910000	1.000000
f_{bb}	1	1
f_a	0.90	0.90
f_{LU}	1	1
f_{RT}	0.75	1
f_{LT}	1	1
f_{Lpb}	1	1
f_{Rpb}	1	1
S	1163.646566	1742.500000

Fuente: Propia

2.3.3.5. PASO 5: Determinación de la proporción de vehículos que llegan durante la fase verde.

Para determinar la proporción de vehículos que llegan durante la fase verde, dividimos el número de vehículos que llegan durante la fase de verde entre el número total de vehículos que llegan a la intersección. Posteriormente calculamos la relación de pelotón para determinar el tipo de llegada y la calidad de progresión en cada acceso.

Tabla N° 71: Proporción de vehículos que llegan en verde, de la intersección N° 01.

	OESTE	NORTE	SUR
			
Vehículos totales en acceso	784	198	214
Vehículos que llegan en fase verde	486	85	90
P	0.620	0.429	0.421
Verde efectivo, <i>g</i>	61	32	32
Duración del ciclo, <i>C</i>	101	101	101
Relación de Pelotón, <i>R_p</i>	1.026	1.355	1.327
Tipo de llegada	3	4	4
Calidad de progresión	Llegadas aleatorias	Favorable	Favorable

Fuente: Propia

Tabla N° 72: Proporción de vehículos que llegan en verde, de la intersección N° 02.

	OESTE	NORTE
		
Vehículos totales en acceso	961	449
Vehículos que llegan en fase verde	649	175
P	0.675	0.390
Verde efectivo, <i>g</i>	80	32
Duración del ciclo, <i>C</i>	121	121
Relación de Pelotón, <i>R_p</i>	1.021	1.474
Tipo de llegada	3	4
Calidad de progresión	Llegadas aleatorias	Favorable

Fuente: Propia

2.3.3.6. PASO 6: Determinación de la duración de fase del semáforo.

En nuestro caso las intersecciones presentan un control pre programado, entonces la duración de la fase es una entrada y es determinado con observaciones en campo como lo muestran las Figuras N° 23 y N° 24.

2.3.3.7. PASO 7: Determinación de la capacidad y la relación de volumen y capacidad.

Aplicando las ecuaciones indicadas en el punto N° 5.2.7 del Capítulo II, realizamos los cálculos presentados en las siguientes tablas para determinar la capacidad, relación V/C y el grado de saturación para cada grupo de carriles:

Tabla N° 73: Cálculo de la capacidad, relación v/C, y grado de saturación en la intersección N° 01.

	OESTE		NORTE	SUR
	GC-01	GC-02	GC-03	GC-04
Número de carriles, N	1	1	1	1
Flujo ajustado, v (veh/h)	452	420	224	260
Flujo de saturación, S	1018.916852	1086.971475	1412.306305	1282.435144
Duración del ciclo, C	101	101	101	101
Tiempo de verde efectivo g (s)	61	61	32	32
Proporción de verde, g/C	0.603960	0.603960	0.316832	0.316832
Tiempo perdido puesta en marcha, l_1	2	2	2	2
Tiempo perdido $l_2 = y + R_c - e$	3	3	3	3
Capacidad, $c = N \times S \times \left(\frac{g}{C}\right)$	615.385425	656.487722	447.463384	406.316085
Relación v/C , X	0.733870	0.640480	0.500559	0.639956
Relación de flujo, $Y_c = v/S$	0.443228	0.386824	0.158593	0.202758
Grupo de carriles/ fase crítica ($\sqrt{\quad}$)	$\sqrt{\quad}$			$\sqrt{\quad}$
Sumatoria de relaciones de flujos críticos, $\sum Y_c$			0.645987	
Tiempo perdido del ciclo, L			10	
Grado de Saturación, $X_c = (\sum Y_c)(C)/(c - L)$			0.716974	

Fuente: Propia

Tabla N° 74: Cálculo de la capacidad, relación v/C , y grado de saturación en la intersección N° 02.

	OESTE GC-01	NORTE GC-02
		
Número de carriles, N	2	4
Flujo ajustado, v (veh/h)	996	520
Flujo de saturación, S	1163.646566	1742.500000
Duración del ciclo, C	121	121
Tiempo de verde efectivo g (s)	80	32
Proporción de verde, g/C	0.661157	0.264463
Tiempo perdido puesta en marcha, l_1	2	2
Tiempo perdido $l_2 = y + R_c - e$	4	4
Capacidad, $c = N \times S \times \left(\frac{g}{C}\right)$	1538.706203	1843.305785
Relación v/C , X	0.647203	0.282253
Relación de flujo, $Y_c = v/S$	0.427903	0.074645
Grupo de carriles/ fase crítica ($\sqrt{\quad}$)	$\sqrt{\quad}$	$\sqrt{\quad}$
Sumatoria de relaciones de flujos críticos, $\sum Y_c$		0.502548
Tiempo perdido del ciclo, L		12
Grado de Saturación, $X_c = (\sum Y_c)(C)/(c - L)$		0.557874

Fuente: Propia

2.3.3.8. PASO 8: Determinación de las demoras y el nivel de servicio.

Una vez obtenidos la capacidad y el grado de saturación, se procede a estimar el nivel de servicio para cada intersección. Para esto, habrá que determinar la demora de control que, según la **Tabla N° 06**, nos indicará en qué nivel de servicio se encuentran las intersecciones. Las tablas que se presentan a continuación son utilizadas para el cálculo de los dos tipos de demora: d_1 y d_2 , ya que para nuestro caso no se presenta la demora por cola inicial: d_3 . La **Tabla N° 75** y **Tabla N° 76** muestran el análisis de las demoras y el nivel de servicio de cada intersección.

Tabla N° 75: Cálculo de las demoras y el nivel de servicio en la intersección N° 01.

	OESTE		NORTE	SUR
	GC-01	GC-02	GC-03	GC-04
Duración del ciclo, C	101	101	101	101
Duración del análisis, T (h)	1	1	1	1
Proporción de verde, g/C	0.603960	0.603960	0.316832	0.316832
Flujo ajustado, v (veh/h)	452	420	224	260
Capacidad, c (veh/h)	615.385425	656.487722	447.463384	406.316085
Relación v/C , X	0.733870	0.640480	0.500559	0.639956
Calibración de la demora incremental, k	0.5	0.5	0.5	0.5
Factor de ajuste por ingreso corriente arriba, $I = 1.0 - 0.91X_u^{2.68}$	0.60289928	0.72427501	0.85757641	0.72487935
Demora uniforme, d_1 (s/veh)	14.2262865	12.9176589	28.0117792	29.5635632
$d_1 = \frac{0.5C(1-g/C)^2}{1-[\min(1,X)g/C]}$				
Demora incremental, d_2 (s/veh)	4.814512	3.518655	3.444280	5.658390
$d_2 = 900T \left[(X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{8kIX}{CT}} \right]$				
Demora, $d = d_1 + d_2$ (s/veh)	19.040799	16.436314	31.456059	35.221953
Nivel de servicio por grupo de carriles	B	B	C	D
Demora por acceso, $d_A = \sum(d)(v)/\sum v_A$ (s/veh)	17.785065		31.456059	35.221953
Nivel de servicio por acceso	B		C	D
Tasa de flujo del acceso, v_A (veh/h)	872		224	260
Demora de la intersección, $D = \sum(d_A)(v_A)/\sum v_A$ (s/veh)			23.386530	
Nivel de servicio de la intersección			C	

Fuente: Propia

Tabla N° 76: Cálculo de las demoras y el Nivel de servicio en la Intersección N° 02.

	OESTE	NORTE
	GC-01	GC-02
		
Duración del ciclo, C	121	121
Duración del análisis, T (h)	1	1
Proporción de verde, g/C	0.661157	0.264463
Flujo ajustado, v (veh/h)	996	520
Capacidad, c (veh/h)	1538.7062	1843.30579
Relación v/C , X	0.647203	0.282253
Calibración de la demora incremental, k	0.5	0.5
Factor de ajuste por ingreso corriente arriba, $I = 1.0 - 0.91X_u^{2.68}$	0.71645004	1
Demora uniforme, d_1 (s/veh) $d_1 = \frac{0.5C(1-g/C)^2}{1-[\min(1,X)g/C]}$	12.141782	35.371741
Demora incremental, d_2 (s/veh) $d_2 = 900T \left[(X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{8kIX}{CT}} \right]$	1.533805	0.383895
Demora, $d = d_1 + d_2$ (s/veh)	13.675587	35.755636
Nivel de servicio por grupo de carriles	B	D
Demora por acceso, $d_A = \sum(d)(v) / \sum v_A$ (s/veh)	13.675587	35.755636
Nivel de servicio por acceso	B	D
Tasa de flujo del acceso, v_A (veh/h)	996	520
Demora de la intersección, $D = \sum(d_A)(v_A) / \sum v_A$ (s/veh)	21.252604	
Nivel de servicio de la intersección	C	

Fuente: Propia

Al finalizar el análisis por la metodología propuesta por (TRB 2010) podemos observar que el nivel de servicio general de la Intersección N° 01: Jr. Amalia Puga y Jr. Urrelo es “C”, y de la Intersección N° 02: Jr. Amalia Puga y Jr. Dos de Mayo es “C”. Por lo tanto, en conjunto las dos intersecciones como sistema tendrá el nivel de servicio de mayor demora de estas

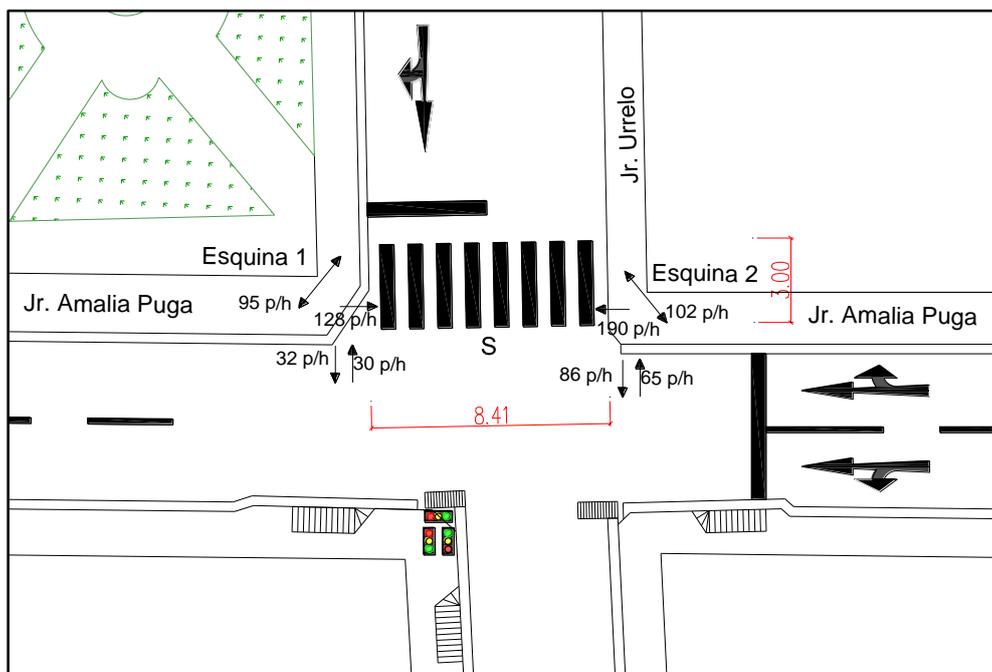
intersecciones. En este caso, la demora más alta es la de la Intersección N° 01: Jr. Amalia Puga y Jr. Urrelo (23.39 segundos), por lo que el nivel de servicio del sistema será “C”.

2.3.4. ANÁLISIS PEATONAL DE LA INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA N° 01

2.3.4.1. CARACTERÍSTICAS DE LA INTERSECCIÓN

Para realizar el análisis peatonal de la intersección semaforizada N° 01 se ha considerado el cruce peatonal del acceso Sur del Jr. Urrelo, el cual presenta mayor demanda de peatones durante la hora punta (07:15 a.m. – 08:15 am). El Jr. Amalia Puga se considera como calle principal, mientras que el Jr. Urrelo se considera como calle menor. La intersección presenta una longitud de ciclo de 101 segundos. En el siguiente gráfico se muestra las esquinas y el cruce peatonal que son objeto de nuestro estudio.

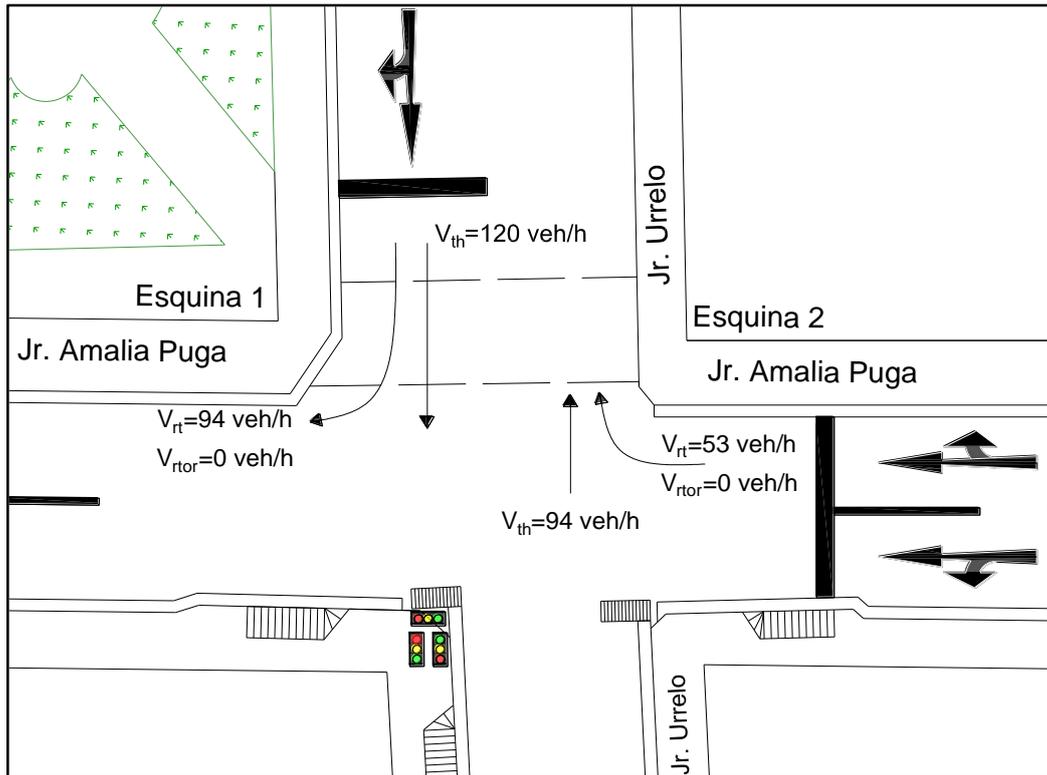
Figura N° 28: Cruce peatonal objeto del análisis.



Fuente: Propia

Los índices de flujo peatonal se muestran en la **Figura N° 28**. La tasa de flujo vehicular se muestra en la **Figura N° 29**.

Figura N° 29: Flujo vehicular para el análisis del cruce peatonal.



Fuente: Propia

A continuación, se muestran los datos del cruce peatonal y las esquinas a analizar.

- **Calle principal (Jr. Amalia Puga)**

Duración de la fase verde:	$D_{p,mj} = 61 \text{ seg}$
Intervalo de cambio amarillo:	$Y_{mj} = 3 \text{ seg}$
Intervalo de todo rojo:	$R_{mj} = 2 \text{ seg}$
Configuración de la caminata:	$Walk_{mj} = 4.47 \text{ seg}$
Número de carriles:	2 (Sin bahías)

- **Calle menor (Jr. Urrelo)**

Duración de la fase verde:	$D_{p,mi} = 32 \text{ seg}$
Intervalo de cambio amarillo:	$Y_{mi} = 3 \text{ seg}$
Intervalo de todo rojo:	$R_{mi} = 2 \text{ seg}$
Configuración de la caminata:	$Walk_{mi} = 6.90 \text{ seg}$
Número de carriles:	2 (Sin bahías)
Límite de velocidad:	$S_{85,mi} = 40 \text{ km/h} \cong 25 \text{ mi/h}$

- **Esquina 1**

Ancho vereda (Jr. A. Puga): $W_a = 2.08 \text{ m} \cong 6.82 \text{ ft}$

Ancho vereda (Jr. Urrelo): $W_b = 1.51 \text{ m} \cong 4.95 \text{ ft}$

Radio de esquina: $R = 1.44 \text{ m} \cong 4.72 \text{ ft}$

- **Esquina 2**

Ancho vereda (Jr. A. Puga): $W_a = 1.85 \text{ m} \cong 6.07 \text{ ft}$

Ancho vereda (Jr. Urrelo): $W_b = 1.38 \text{ m} \cong 4.53 \text{ ft}$

Radio de esquina: $R = 1.75 \text{ m} \cong 5.74 \text{ ft}$

- **Otros datos**

Ancho efectivo de pase peatonal: $W_c = 3.00 \text{ m} \cong 9.84 \text{ ft}$

Longitud de pase peatonal: $L_c = 8.41 \text{ m} \cong 27.59 \text{ ft}$

Velocidad de marcha peatonal: $S_p = 4 \text{ ft/s} \cong 1.22 \text{ m/s}$ (HCM 2010)

2.3.4.2. PASOS PARA DETERMINAR EL NIVEL DE SERVICIO DEL CRUCE PEATONAL

2.3.4.2.1. PASO 1: Determinar el área de circulación de la esquina de la calle

A. Cálculo del tiempo – espacio disponible

Para la esquina 1, el tiempo – espacio disponible se calcula con la ecuación **Ec. 62**.

$$TS_{corner} = C(W_a W_b - 0.215R^2) \quad \text{Ec. 62}$$

$$TS_{corner} = 101(6.82 \times 4.95 - 0.215 \times 4.72^2)$$

$$TS_{corner} = 2925.88 \text{ ft}^2 - s$$

B. Cálculo del tiempo de espera en el área de espera

El tiempo de caminata efectivo para la fase que sirve a la calle principal se calcula con la ecuación **Ec. 65**.

$$g_{Walk,mj} = Walk_{mj} + 4 \quad \text{Ec. 65}$$

$$g_{Walk,mj} = 4.47 + 4 = 8.47 \text{ s}$$

El número de peatones que llegan a la esquina durante cada ciclo para cruzar la calle menor se calcula con la ecuación **Ec. 64**.

$$N_{co} = \frac{v_{co}}{3600} C \quad \text{Ec. 64}$$

$$N_{co} = \frac{128}{3600} 101 = 3.59 p$$

El tiempo total que utilizan los peatones que esperan cruzar la calle menor durante un ciclo se calcula con la ecuación **Ec. 63**.

$$Q_{tco} = \frac{N_{co}(C - g_{walk,mj})^2}{2C} \quad \text{Ec. 63}$$

$$Q_{tco} = \frac{3.59(101 - 56)^2}{2(101)} = 152.21 p - s$$

Por el mismo procedimiento, el tiempo total que utilizan los peatones que esperan cruzar la calle principal durante un ciclo (Q_{tdo}) es:

$$Q_{tdo} = 214.23.51 p - s$$

C. Cálculo del tiempo – espacio de circulación

El tiempo - espacio de circulación se determina usando la ecuación **Ec. 66**.

$$TS_c = TS_{corner} - [5.0(Q_{tdo} + Q_{tco})] \quad \text{Ec. 66}$$

$$TS_c = 2925.88 - [5.0(214.23 + 152.21)] = 1093.71 ft^2 - s$$

D. Cálculo del área de circulación de esquinas peatonales

El número total de peatones circulantes se calcula con la ecuación **Ec. 68**.

$$N_{tot} = \frac{v_{ci} + v_{co} + v_{di} + v_{do} + v_{a,b}}{3600} C$$

$$N_{tot} = \frac{190 + 128 + 30 + 32 + 95}{3600} 101 = 13.33 p$$

Finalmente, el área de circulación de la esquina por peatón se calcula con la ecuación **Ec. 67**.

$$M_{corner} = \frac{TS_c}{4.0N_{tot}} \quad \text{Ec. 67}$$

$$M_{corner\ 1} = \frac{2023.36}{4.0(13.33)} = 20.52\ ft^2 - s \cong 1.90\ m^2 - s$$

Siguiendo el mismo procedimiento, se encuentra que el área de circulación por peatón para la esquina 2 es:

$$M_{corner\ 2} = 17.07\ ft^2 - s \cong 1.59\ m^2 - s$$

2.3.4.2.2. PASO 2: Determinar el área de circulación del paso de peatones

A. Velocidad de marcha peatonal

$$S_p = 4\ ft/s \cong 1.22\ m/s$$

B. Cálculo del tiempo-espacio disponible

El tiempo-espacio disponible en el cruce de peatones se calcula con la ecuación **Ec. 69**.

$$TS_{cw} = L_c W_c g_{walk,mj} \quad \text{Ec. 69}$$

$$TS_{cw} = (27.59)(9.84)(8.47) = 2299.48\ ft^2 - s$$

C. Cálculo del tiempo-espacio efectivo disponible

El número de vehículos que giran durante la caminata y los intervalos de peatones se calcula con la ecuación **Ec. 72**.

$$N_{tv} = \frac{v_{lt,perm} + v_{rt} - v_{rtor}}{3600} C \quad \text{Ec. 72}$$

$$N_{tv} = \frac{0 + 53 - 0}{3600} (101) = 1.49\ veh$$

El tiempo-espacio ocupado por los vehículos que giran se puede calcular con la ecuación **Ec. 71**.

$$TS_{tv} = 40 N_{tv} W_c \quad \text{Ec. 71}$$

$$TS_{tv} = 40(1.49)(9.84) = 585.26\ ft^2 - s$$

El tiempo-espacio efectivo disponible se calcula con la siguiente ecuación:

$$TS_{cw}^* = TS_{cw} - TS_{tv} \quad \text{Ec. 70}$$

$$TS_{cw}^* = 2299.48 - 585.26 = 1714.22 ft^2 - s$$

D. Cálculo del tiempo de servicio peatonal

El número de peatones que salen de la vereda cuando se presenta la indicación para cruzar se calcula utilizando la ecuación **Ec. 75**.

$$N_{ped,co} = N_{co} \frac{C-g_{walk,mj}}{C} \quad \text{Ec. 75}$$

$$N_{ped,co} = (3.59) \frac{101 - 8.47}{101} = 3.29 p$$

Debido a que el ancho del paso de peatones es menor a 10 pies, el tiempo de servicio peatonal se calcula utilizando la ecuación **Ec. 74**.

$$t_{ps,co} = 3.2 + \frac{L_c}{S_p} + 0.27N_{ped,co} \quad \text{Ec. 74}$$

$$t_{ps,co} = 3.2 + \frac{27.59}{4} + 0.27(3.29) = 10.99 s$$

A continuación, se analiza la otra dirección de desplazamiento en el paso de peatones.

La secuencia de cálculos se repite para esta segunda dirección de viaje en el cruce peatonal, donde los valores de $N_{ped,ci}$ y $t_{ps,ci}$ son los siguientes:

$$N_{ped,ci} = 4.76 p$$

$$t_{ps,ci} = 11.38 s$$

E. Cálculo del tiempo de ocupación del paso de peatones

El tiempo de ocupación del paso de peatones se calcula utilizando la ecuación **Ec. 76**.

$$T_{occ} = T_{ps,co}N_{co} + t_{ps,ci}N_{ci} \quad \text{Ec. 76}$$

$$T_{occ} = (10.99)(3.59) + (11.38)(5.33) = 100.12 p - s$$

F. Cálculo del área de circulación peatonal por peatón

Finalmente, el área de circulación peatonal por peatón se calcula utilizando la ecuación **Ec. 78**.

$$M_{cw} = \frac{TS_{cw}^*}{T_{occ}} \quad \text{Ec. 78}$$

$$M_{cw} = \frac{1714.22}{100.12} = 17.12 \text{ ft}^2/p \cong 1.59 \text{ m}^2/p$$

2.3.4.2.3. PASO 3: Determinar el retraso del peatón

El retraso del peatón mientras espera para cruzar la calle principal se calcula con la ecuación **Ec. 79**.

$$d_p = \frac{(C - g_{walk,mi})^2}{2C} \quad \text{Ec. 79}$$

$$d_p = \frac{(101 - 8.47)^2}{2(101)} = 42.39 \text{ s/p}$$

2.3.4.2.4. PASO 4: Determinar la puntuación de nivel de servicio para peatones en la intersección

El número de vehículos que viajan en la calle menor durante un período de 15 minutos se calcula utilizando la ecuación **Ec. 85**.

$$n_{15,mi} = \frac{0.25}{N_c} \sum_{i \in m_c} v_i \quad \text{Ec. 85}$$

$$n_{15,mi} = \frac{0.25}{2} (120 + 94 + 94 + 53) = 45.13 \text{ veh/carril}$$

El factor de ajuste de la sección transversal se calcula utilizando la ecuación **Ec. 81**.

$$F_w = 0.681(N_c)^{0.514} \quad \text{Ec. 81}$$

$$F_w = 0.681(2)^{0.514} = 0.97$$

El factor de ajuste del vehículo motorizado se calcula con la ecuación **Ec. 82**.

$$F_v = 0.00569 \left(\frac{v_{rtor} + v_{lt,perm}}{4} \right) - N_{rtci,c} (0.0027n_{15,mi} - 0.1946) \quad \text{Ec. 82}$$

$$F_v = 0.00569 \left(\frac{0 + 0}{4} \right) - 0(0.0027(45.13) - 0.1946) = 0$$

El factor de ajuste de la velocidad del vehículo motorizado se calcula con la ecuación **Ec. 83**.

$$F_s = 0.00013n_{15,mi}S_{85,mi} \quad \text{Ec. 83}$$

$$F_s = 0.00013(45.13)(25) = 0.15$$

El factor de ajuste de retraso peatonal se calcula con la ecuación **Ec. 84**.

$$F_{delay} = 0.0401 \ln(d_{p,c}) \quad \text{Ec. 84}$$

$$F_{delay} = 0.0401 \ln(42.39) = 0.15$$

La puntuación de nivel de servicio para peatones en la intersección, se calcula luego con la ecuación **Ec. 80**.

$$I_{p,int} = 0.5997 + F_w + F_v + F_S + F_{delay} \quad \text{Ec. 80}$$

$$I_{p,int} = 0.5997 + 0.97 + 0 + 0.15 + 0.15 = 1.87$$

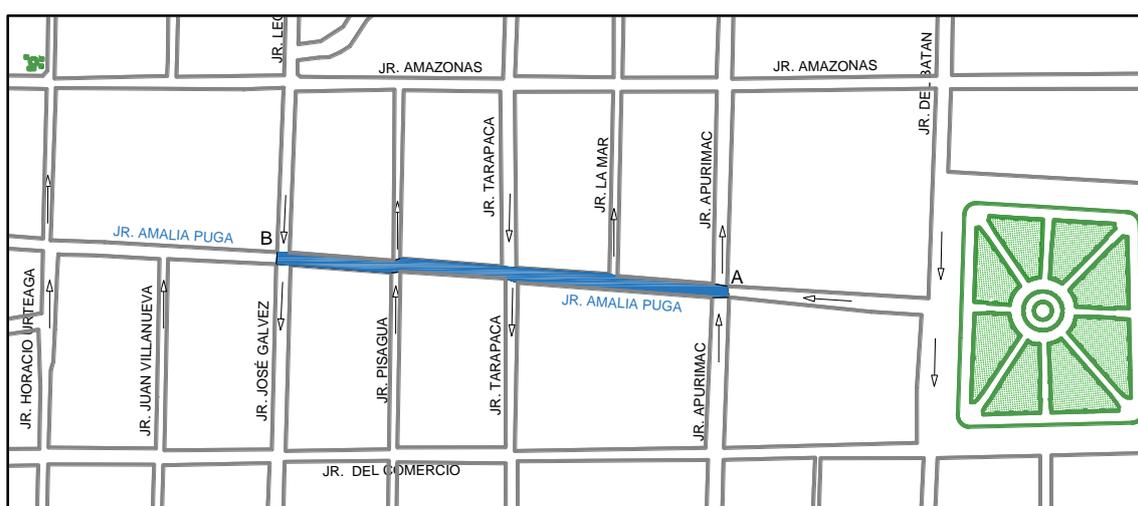
2.3.4.2.5. PASO 5: Determinar el nivel de servicio

Con el valor de $I_{p,int} = 1.87$ ingresamos en la **Tabla N° 13** y determinamos que el nivel de servicio del cruce peatonal analizado es de nivel A.

2.4. ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIO DE UN SEGMENTO VIAL URBANO CON LA METODOLOGÍA DEL HCM 2010

A continuación, vamos a determinar el nivel de servicio de un segmento vial urbano, específicamente el segmento del Jr. Amalia Puga, comprendido entre el Jr. Apurímac (Progresiva 0+120 del Tramo N°02) y el Jr. José Gálvez (Progresiva 0+360 del Tramo N° 02). Dicho segmento ha sido seleccionado estratégicamente para realizar nuestro estudio, ya que se encuentra delimitado por las dos intersecciones no semaforizadas con mayor flujo vehicular del Jr. Amalia Puga. En la siguiente figura se muestra el tramo a analizar.

Figura N° 30: Tramo del Jr. Amalia Puga objeto de nuestro estudio.

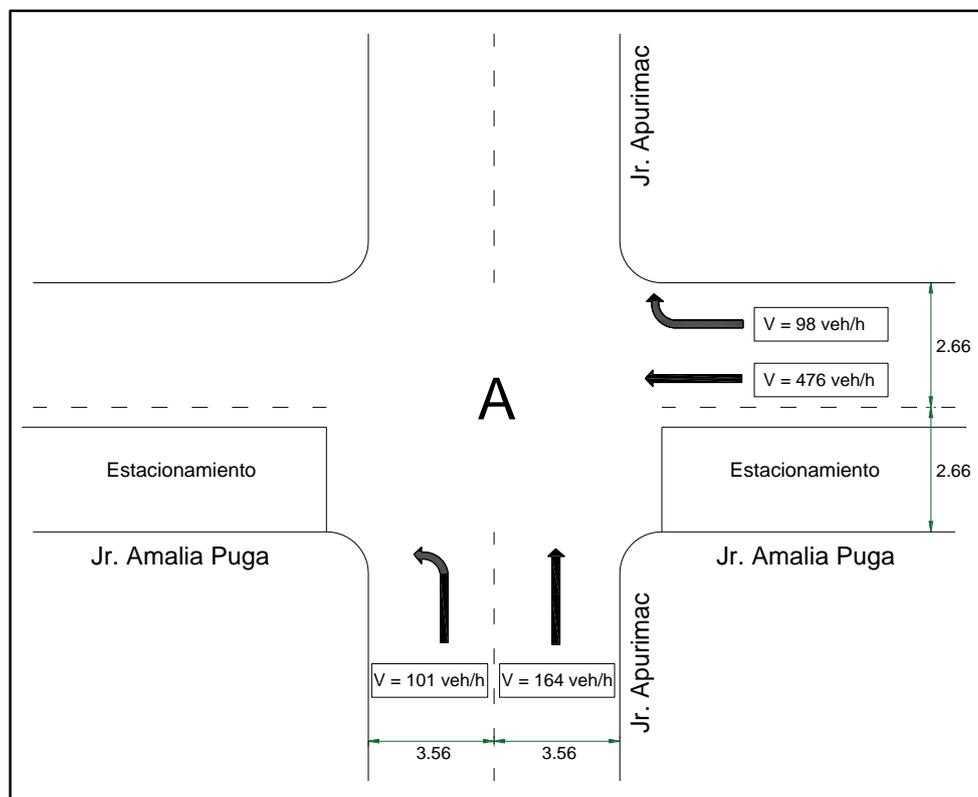


Fuente: Plano catastral de Cajamarca 2014 - MPC

2.4.1. MEDICIONES DE TRÁNSITO

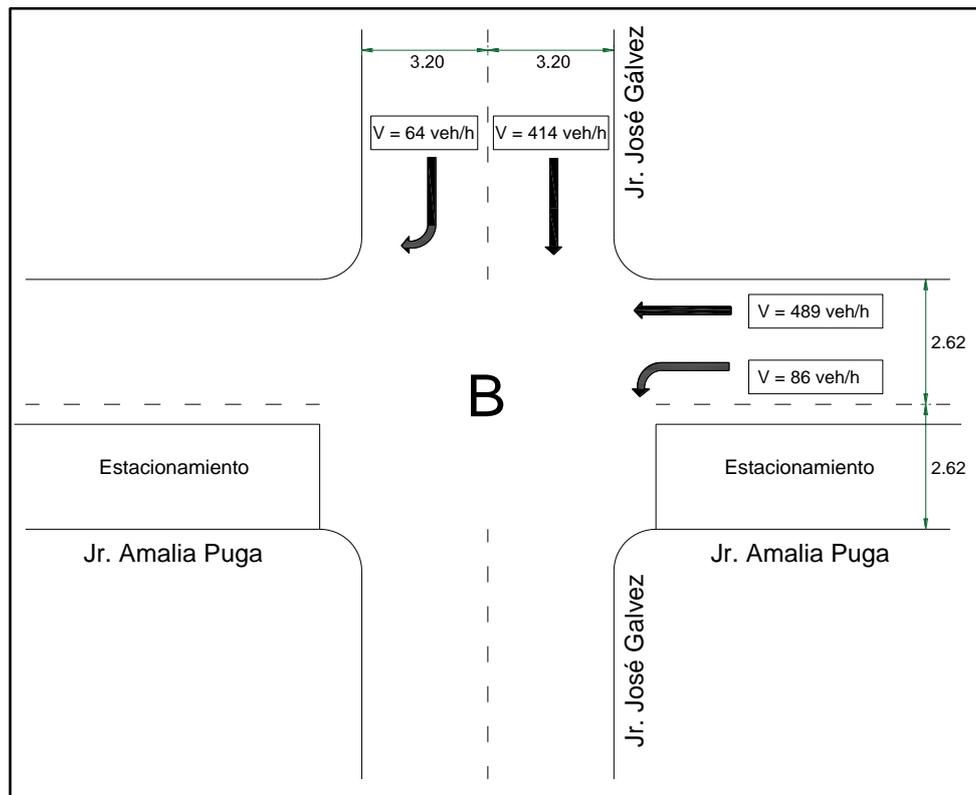
El volumen del flujo vehicular que vamos a utilizar para determinar el Nivel de Servicio del tramo descrito anteriormente, es el comprendido en la hora de máxima demanda, de 07:15 a.m. a 08:15 a.m. En este periodo se realizó un aforo vehicular en cada uno de los extremos del tramo en estudio, es decir en la intersección entre el Jr. Amalia Puga con Jr. Apurímac y en la intersección entre el Jr. Amalia Puga con Jr. José Gálvez. En las siguientes figuras se muestra los diagramas de flujo para cada intersección con su respectivo volumen vehicular.

Figura N°31: Diagrama de movimientos y flujo vehicular en la intersección Jr. Amalia Puga con Jr. Apurímac.



Fuente: Propia

Figura N°32: Diagrama de movimientos y flujo vehicular en la intersección Jr. Amalia Puga con Jr. José Gálvez.



Fuente: Propia

2.4.2. DESCRIPCIÓN DEL SEGMENTO DE ESTUDIO

El tramo seleccionado para el análisis se desarrolla en el Jr. Amalia puga, comprendido entre los jirones Apurímac y José Gálvez. A continuación, se muestra las características del segmento.

Tabla N°77: Descripción del segmento de estudio.

SEGMENTO	DESDE	HASTA	LONGITUD (m)
Jr. Amalia Puga	Jr. Apurímac	Jr. José Gálvez	250.54

Fuente: Propia

Figura N°33: Segmento de estudio del Jr. Amalia Puga.

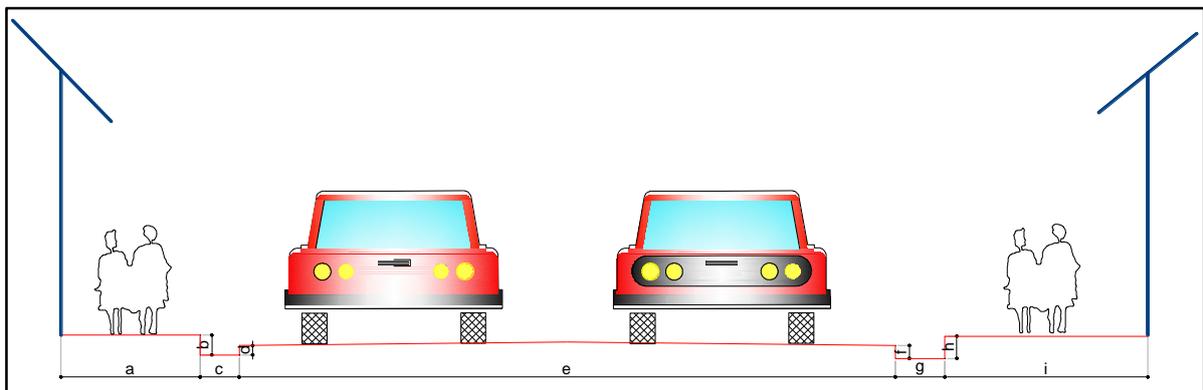


Fuente: Plano catastral de Cajamarca 2014 - MPC

El segmento a analizar es unidireccional de Este a Oeste, cuenta con una calzada de asfalto de dos carriles, de los cuales el carril izquierdo es utilizado como carril de estacionamiento, por lo que todo el análisis se realizará sólo del carril derecho; se encuentra delimitado por las intersecciones no semaforizadas Jr. Apurímac (A) y Jr. José Gálvez (B). Las aceras tienen un ancho variable entre 1.29m y 1.64m en ambos lados.

En la **figura N° 34** se muestra la sección típica con orientación Este – Oeste perteneciente al segmento en estudio.

Figura N°34: Sección típica del segmento de estudio del Jr. Amalia Puga.



Fuente: Propia

Tabla N°78: Dimensiones de secciones típicas del segmento de estudio.

PROGRESIVA	Longitud (m)								
	a	b	c	d	e	f	g	h	i
0+120	1.5	0.21	0.35	0.08	5.24	0.08	0.37	0.2	1.45
0+140	1.52	0.21	0.35	0.09	5.29	0.08	0.37	0.2	1.41
0+160	1.58	0.2	0.36	0.09	5.26	0.09	0.36	0.19	1.4
0+180	1.56	0.2	0.36	0.08	5.27	0.08	0.36	0.21	1.38
0+200	1.56	0.21	0.36	0.08	5.24	0.09	0.37	0.21	1.33
0+220	1.57	0.21	0.35	0.08	5.24	0.09	0.37	0.2	1.29
0+240	1.56	0.22	0.37	0.08	5.23	0.08	0.38	0.21	1.35
0+260	1.58	0.2	0.35	0.09	5.23	0.08	0.38	0.22	1.48
0+280	1.64	0.2	0.37	0.08	5.21	0.08	0.36	0.22	1.62
0+300	1.54	0.21	0.35	0.08	5.2	0.09	0.38	0.2	1.59
0+320	1.5	0.21	0.34	0.08	5.22	0.09	0.37	0.2	1.59
0+340	1.42	0.22	0.33	0.08	5.24	0.08	0.38	0.18	1.59
0+360	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Propia

2.4.3. DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO DEL SEGMENTO

2.4.3.1. Paso 1: Elementos de entrada

En la **Tabla N° 79** detallamos los elementos de entrada utilizados para la evaluación del segmento.

Tabla N°79: Parámetros de entrada del segmento de estudio.

CATEGORÍA DE DATOS	PARÁMETROS DE ENTRADA	VALORES
CARACTERÍSTICAS DE TRÁNSITO	Flujo de demanda en intersección límite aguas arriba, (veh/h)	476
	Flujo de demanda en intersección límite aguas abajo, (veh/h)	575
	Flujo de demanda en mitad del segmento, vm (veh/h)	577
DISEÑO GEOMÉTRICO	Número de carriles del segmento en la dirección de viaje, Nth	1
	Longitud del segmento, L (ft)	821.98
	Ancho de intersección límite aguas arriba, W (ft)	23.36
	Número de puntos de acceso por el lado derecho, Nap,s	2
	Número de puntos de acceso por el lado izquierdo, Nap,o	2
	Proporción de segmento con mediana restrictiva, (decimal)	0
	Proporción de segmento con solera del lado derecho, (decimal)	1
OTROS	Límite de velocidad, Spl (mi/h)	25
	Duración del período de análisis, T (h)	1

Fuente: Propia

2.4.3.2. Paso 2: Determinar el tiempo en movimiento

El procedimiento para determinar el tiempo en movimiento incluye el cálculo de la velocidad de flujo libre, un factor de ajuste por proximidad entre vehículos, y un tiempo adicional debido a fuentes de demora en la medianía del segmento.

La velocidad de flujo libre se determina a partir de la velocidad de flujo libre base y un factor de ajuste por espaciamiento de las señales.

2.4.3.2.1. Velocidad de flujo libre

2.4.3.2.1.1. Velocidad de flujo libre base

La velocidad de flujo libre base se calcula con la ecuación **Ec. 08**

$$S_{f0} = S_0 + f_{CS} + f_A \quad \text{Ec. 08}$$

Donde:

a) Velocidad constante (S_0)

$$S_0 = 25.6 + 0.47 \cdot S_{pl} \quad \text{Ec. 09}$$

El límite de velocidad S_{pl} para el segmento en estudio es de 40 km/h que equivale a 25 mi/h, por lo que:

$$S_0 = 25.6 + 0.47 \times 25$$

$$S_0 = 37.35 \text{ (mi/h)} \cong 60.11 \text{ (km/h)}$$

b) Factor de ajuste para sección transversal (f_{CS})

$$f_{CS} = 1.5 \cdot p_m - 0.47 \cdot P_{curb} - 3.7 \cdot P_{curb} \cdot P_m \quad \text{Ec. 10}$$

$$f_{CS} = 1.5 \cdot 0 - 0.47 \cdot 1 - 3.7 \cdot 1 \cdot 0$$

$$f_{CS} = -0.47 \text{ (mi/h)} \cong -0.76 \text{ (km/h)}$$

c) Factor de ajuste para puntos de acceso (f_A)

$$f_A = -0.078 \cdot D_A / N_{th} \quad \text{Ec. 11}$$

Donde D_A :

$$D_A = 5280 \cdot (N_{ap,s} + N_{ap,o}) / (L - W_i) \quad \text{Ec. 12}$$

$$D_A = 5280 \cdot (2 + 2) / (821.98 - 23.36)$$

$$D_A = 26.45 \text{ (puntos/mi)}$$

Entonces el factor de ajuste para puntos de acceso f_A es:

$$f_A = -0.078 \cdot 26.45 / 1$$

$$f_A = -2.06 \text{ (mi/h)} \cong -3.32 \text{ (km/h)}$$

Finalmente calculamos la velocidad de flujo libre base (S_{f0})

$$\begin{aligned} S_{f0} &= S_0 + f_{CS} + f_A \\ S_{f0} &= 37.35 - 0.47 - 2.06 \\ S_{f0} &= 34.82 \text{ (mi/h)} \cong 56.03 \text{ (km/h)} \end{aligned}$$

2.4.3.2.1.2. Ajuste por espaciamiento de señales

La siguiente ecuación se utiliza para considerar el espaciamiento de las intersecciones límites.

$$f_L = 1.02 - 4.7 \cdot \frac{S_{f0}^{-19.5}}{\max(L_S, 400)} \leq 1.0 \quad \text{Ec. 13}$$

La distancia entre las intersecciones es $L_S = 821.98 \text{ (ft)}$, por lo que:

$$\begin{aligned} f_L &= 1.02 - 4.7 \cdot \frac{34.82 - 19.5}{821.98} \\ f_L &= 0.93 \end{aligned}$$

2.4.3.2.1.3. Cálculo de la velocidad de flujo libre

La velocidad de flujo libre es calculada basándose en las estimaciones de la velocidad de flujo libre base y el factor de ajuste por espaciamiento de señales:

$$\begin{aligned} S_f &= S_{f0} \cdot f_L \quad \text{Ec. 14} \\ S_f &= 34.82 \cdot 0.93 \\ S_f &= 32.46 \text{ (mi/h)} \cong 52.25 \text{ (km/h)} \end{aligned}$$

2.4.3.2.2. Factor de ajuste por proximidad

El factor de ajuste por proximidad ajusta el tiempo en movimiento en flujo libre para tener en cuenta el efecto de la densidad de tránsito.

$$\begin{aligned} f_v &= \frac{2}{1 + \left(1 - \frac{v_m}{52.8 \cdot N_{th} \cdot S_f}\right)^{0.21}} \quad \text{Ec. 15} \\ f_v &= \frac{2}{1 + \left(1 - \frac{577}{52.8 \times 1 \times 32.46}\right)^{0.21}} \\ f_v &= 1.04 \end{aligned}$$

2.4.3.2.3. Demora debido al giro de vehículos (d_{ap})

A continuación, vamos a determinar la demora producida por vehículos girando desde la calle en estudio a un punto de acceso activo no señalizado. Para ello se utiliza el procedimiento

descrito en el **Punto 5.2.2.3.1** del Capítulo II el cual estima la demora debido al giro de vehículos a la derecha.

Debido a que el Jr. Amalia Puga en el tramo de estudio posee un solo sentido, se puede utilizar el mismo procedimiento del **Punto 5.2.2.3.1** para determinar la demora debido a giros a la izquierda, en cuyo caso se deben redefinir las variables asociadas con el movimiento de giro a la derecha como aplicables al movimiento de giro a la izquierda.

2.4.3.2.3.1. Demora debido a giros a la derecha ($d_{ap,r}$)

La demora media vehicular debido a giros a la derecha se calcula con la siguiente fórmula:

$$d_{ap,r} = 0.67 \cdot d_{t/r} \cdot \frac{P_{RT}}{1-P_{LT}-P_{RT}} \quad \text{Ec. 16}$$

Para determinar la demora media debido a giros a la derecha ($d_{ap,r}$) se efectúa la siguiente secuencia de cálculos:

a) Calcular la velocidad mínima para el primer vehículo en seguimiento (u_m):

Se calcula con la siguiente fórmula:

$$u_m = 1.47 \cdot S_f - r_d \cdot (H_1 - h_{\Delta < h < H_1}) \geq u_{rt} \quad \text{Ec. 17}$$

Para calcular u_m seguimos los siguientes pasos:

- Cálculo del flujo de carril exterior (q_n)

$$q_n = \frac{v_a}{3600 \cdot n} \quad \text{Ec. 21}$$

$$q_n = \frac{577}{3600 \cdot 1}$$

$$q_n = 0.16 \text{ (veh/s)}$$

- Cálculo del parámetro de velocidad de flujo (λ)

$$\lambda = \frac{1}{\frac{1}{q_n} - \Delta} \quad \text{Ec. 20}$$

$$\lambda = \frac{1}{\frac{1}{0.16} - 1.5}$$

$$\lambda = 0.21$$

- Cálculo del tiempo de espaciamiento máximo que puede tener el primer vehículo en seguimiento y aún incurrir en demora (H_1)

$$H_1 = \frac{1.47 \cdot S_f - u_{rt}}{r_d} + t_{cl} + \frac{L_h}{1.47 \cdot S_f} > \Delta \quad \text{Ec. 19}$$

$$H_1 = \frac{1.47 \cdot 32.46 - 15}{6.7} + 0.6 + \frac{25}{1.47 \cdot 32.46} > 1.5$$

$$H_1 = 6.01 \text{ (s/veh)}$$

- Cálculo del tiempo de espaciamiento medio de los intervalos entre Δ y H_1 ($h_{\Delta < h < H_1}$)

$$h_{\Delta < h < H_1} = \frac{1}{\lambda} + \frac{\Delta - H_1 \cdot e^{-\lambda(H_1 - \Delta)}}{1 - e^{-\lambda(H_1 - \Delta)}} \quad \text{Ec. 18}$$

$$h_{\Delta < h < H_1} = \frac{1}{0.21} + \frac{1.5 - 6.01 \cdot e^{-0.21(6.01 - 1.5)}}{1 - e^{-0.21(6.01 - 1.5)}}$$

$$h_{\Delta < h < H_1} = 3.40 \text{ (s/veh)}$$

- Finalmente calculamos la velocidad mínima del primer vehículo que es retrasado:

$$u_m = 1.47 \cdot S_f - r_d \cdot (H_1 - h_{\Delta < h < H_1}) \geq u_{rt}$$

$$u_m = 1.47 \cdot 32.46 - 6.7 \cdot (6.01 - 3.40) \geq 20$$

$$u_m = 30.26 \text{ (ft/s)} \cong 9.22 \text{ (m/s)}$$

- b) Calcular la demora del primer vehículo en seguimiento (d_1):**

$$d_1 = \frac{(1.47 \cdot S_f - u_m)^2}{2(1.47 \cdot S_f)} \cdot \left(\frac{1}{r_d} + \frac{1}{r_a} \right) \quad \text{Ec. 22}$$

$$d_1 = \frac{(1.47 \cdot 32.46 - 30.26)^2}{2(1.47 \cdot 32.46)} \cdot \left(\frac{1}{6.7} + \frac{1}{3.5} \right)$$

$$d_1 = 1.39 \text{ (s)}$$

- c) Calcular la demora del segundo vehículo en seguimiento (d_2):**

$$H_2 = d_1 + \Delta \quad \text{Ec. 25}$$

$$H_2 = 1.39 + 1.5$$

$$H_2 = 2.89 \text{ (s/veh)}$$

$$h_{\Delta < h < H_2} = \frac{1}{\lambda} + \frac{\Delta - H_2 \cdot e^{-\lambda(H_2 - \Delta)}}{1 - e^{-\lambda(H_2 - \Delta)}} \quad \text{Ec. 24}$$

$$h_{\Delta < h < H_2} = \frac{1}{0.21} + \frac{1.5 - 2.89 \cdot e^{-0.21(2.89 - 1.5)}}{1 - e^{-0.21(2.89 - 1.5)}}$$

$$h_{\Delta < h < H_2} = 2.16$$

$$d_2 = d_1 - (h_{\Delta < h < H_2} - \Delta) \quad \text{Ec. 23}$$

$$d_2 = 1.39 - (2.16 - 1.5)$$

$$d_2 = 0.73 \text{ (s)}$$

d) Calcular la demora del tercer y los subsiguientes vehículos, d_i ($i = 3, 4, \dots$):

Utilizamos las ecuaciones **Ec 26**, **Ec 27** y **Ec 28** hasta que la demora calculada para el vehículo i sea inferior a 0.1 segundos.

$$H_i = d_{i-1} + \Delta \quad \text{Ec. 28}$$

$$h_{\Delta < h < H_i} = \frac{1}{\lambda} + \frac{\Delta - H_i \cdot e^{-\lambda(H_i - \Delta)}}{1 - e^{-\lambda(H_i - \Delta)}} \quad \text{Ec. 27}$$

$$d_i = d_{i-1} - (h_{\Delta < h < H_i} - \Delta) \quad \text{Ec. 26}$$

Entonces utilizando las ecuaciones anteriores tenemos:

$$H_3 = 2.23 \text{ (s/veh)}$$

$$h_{\Delta < h < H_3} = 1.85 \text{ (s/veh)}$$

$$d_3 = 0.37 \text{ (s)}$$

$$H_4 = 1.87 \text{ (s/veh)}$$

$$h_{\Delta < h < H_4} = 1.68 \text{ (s/veh)}$$

$$d_4 = 0.19 \text{ (s)}$$

$$H_5 = 1.69 \text{ (s/veh)}$$

$$h_{\Delta < h < H_5} = 1.59 \text{ (s/veh)}$$

$$d_5 = 0.10 \text{ (s)}$$

e) Calcular la proporción de vehículos girando a la derecha en el carril derecho (P_R)

$$P_R = P_{RT} \cdot n \leq 1.0 \quad \text{Ec. 29}$$

$$P_R = 0.21 \cdot 1 \leq 1.0$$

$$P_R = 0.21$$

f) Calcular la demora vehicular por maniobra de giro a la derecha ($d_{t/r}$)

Al haber 5 vehículos retrasados, utilizamos la siguiente ecuación para calcular $d_{t/r}$:

$$d_{t/r} = \sum_{i=1}^{\infty} \left[d_i \times \prod_{j=1}^i (1 - e^{-\lambda(H_j - \Delta)}) \times (1 - P_R)^i \right] \quad \text{Ec. 31}$$

$$\begin{aligned}
d_{t/r} = & 1.39(1 - e^{-0.21(6.01-1.5)})(1 - 0.21) + 0.73(1 - e^{-0.21(6.01-1.5)}) \\
& (1 - e^{-0.21(2.89-1.5)})(1 - 0.21)^2 + 0.37(1 - e^{-0.21(6.01-1.5)})(1 - e^{-0.21(2.89-1.5)}) \\
& (1 - e^{-0.21(2.23-1.5)})(1 - 0.21)^3 + 0.19(1 - e^{-0.21(6.01-1.5)})(1 - e^{-0.21(2.89-1.5)}) \\
& (1 - e^{-0.21(2.23-1.5)})(1 - e^{-0.21(1.87-1.5)})(1 - 0.21)^4 + 0.10(1 - e^{-0.21(6.01-1.5)}) \\
& (1 - e^{-0.21(2.89-1.5)})(1 - e^{-0.21(2.23-1.5)})(1 - e^{-0.21(1.87-1.5)})(1 - e^{-0.21(1.69-1.5)}) \\
& (1 - 0.21)^5
\end{aligned}$$

$$d_{t/r} = 0.75 \text{ (s/veh)}$$

g) Calcular la demora debido a giros a la derecha ($d_{ap,r}$)

$$d_{ap,r} = 0.67 \cdot d_{t/r} \cdot \frac{P_{RT}}{1 - P_{LT} - P_{RT}} \quad \text{Ec. 16}$$

$$d_{ap,r} = 0.67 \cdot 0.75 \cdot \frac{0.21}{1 - 0.18 - 0.21}$$

$$d_{ap,r} = 0.17 \text{ (s/veh)}$$

2.4.3.2.3.2. Demora debido a giros a la izquierda ($d_{ap,l}$)

En este caso, debido a que el Jr. Amalia Puga sólo presenta sentido unidireccional, las variables asociadas con el movimiento de giro a la derecha se redefinen como aplicables al movimiento de giro a la izquierda. Luego, aplicamos el procedimiento para estimar la demora debido a giros a la derecha y se tiene que la demora media vehicular debido al giro de vehículos a la izquierda tiene un valor de:

$$d_{ap,i} = 0.13 \text{ (s/veh)}$$

Luego, para determinar la demora total debido al giro de vehículos a la derecha y a la izquierda (d_{ap}) se deben sumar las contribuciones a la demora en cada punto de acceso activo.

$$d_{ap} = d_{ap,r} \cdot N_{ap,s} + d_{ap,i} \cdot N_{ap,i}$$

$$d_{ap} = 0.17 \times 2 + 0.13 \times 2 = 0.60 \text{ (s/veh)}$$

2.4.3.2.4. Demora debido a otras fuentes

Como se ha mencionado anteriormente, el segmento a analizar cuenta con una calzada de asfalto de dos carriles, de los cuales el carril izquierdo es utilizado como carril de

estacionamiento. Por esta razón, y considerando lo que indica el **punto 6.2.4.5** del Capítulo II (Cada maniobra de estacionamiento bloquea el tráfico en el carril adyacente durante un promedio de 18 segundos), se adicionará una demora de $d_{other} = 6$ segundos debido a que aproximadamente el 33% de los vehículos que circulan por el segmento ven afectado su tiempo de recorrido por una maniobra de estacionamiento, como lo muestra la siguiente tabla:

Tabla N°80: Porcentaje vehicular afectado por maniobras de estacionamiento.

DESCRIPCIÓN	N° VEHÍCULOS (Veh/h)	PORCENTAJE (%)
Flujo vehicular total en el segmento durante la hora punta	577	100
Flujo vehicular libre de maniobras de estacionamiento	385	67
Flujo vehicular afectado por maniobras de estacionamiento	192	33

Fuente: Propia

2.4.3.2.5. Cálculo del tiempo de movimiento en el segmento

Finalmente, el tiempo de viaje en el segmento se calcula con la siguiente ecuación:

$$T_R = \frac{6.0 - l_1}{0.0025L} f_x + \frac{3600L}{5280S_f} f_v + \sum_{i=1}^{N_{ap}} d_{ap,i} + d_{other} \quad \text{Ec. 32}$$

Donde:

$f_x = 0$ (Debido a que los movimientos no son controlados)

Entonces:

$$T_R = 0 + \frac{3600 \cdot 821.98}{5280 \cdot 32.81} \cdot 1.04 + 0.60 + 6$$

$$T_R = 24.61 \text{ (seg)}$$

2.4.3.3. Paso 3: Cálculo de la demora a través del segmento, d_t

La demora a través del segmento se define como la suma de la demora debido al control del tráfico cuando el segmento está limitado por intersecciones semaforizadas más la demora debido a la geometría de las intersecciones límites cuando se trata de intersecciones circulares. Para nuestro caso no se presenta ninguna de estas demoras, por las condiciones del segmento de estudio, por lo que la demora a través del segmento $d_t = 0$

2.4.3.4. Paso 4: Determinar la velocidad de viaje

La siguiente ecuación es utilizada para calcular la velocidad de viaje:

$$S_{T,seg} = \frac{3600 \cdot L}{5280 \cdot (T_R + d_t)} \quad \text{Ec. 34}$$

$$S_{T,seg} = \frac{3600 \cdot 821.98}{5280 \cdot (27.61 + 0)}$$

$$S_{T,seg} = 22.77 \text{ (mi/h)} \cong 36.65 \text{ (km/h)}$$

2.4.3.5. Paso 5: Determinar el nivel de servicio

En este último paso se determina la velocidad de viaje como un porcentaje de la velocidad de flujo libre base. La velocidad de viaje fue calculada en el Paso 4 con un valor de **22.77 (mi/h)** y la velocidad de flujo libre base en el Paso 2 con un valor de **35.29 (mi/h)**. La proporción es la siguiente:

$$\frac{S_{T,seg}}{S_{f0}} = \frac{22.77 \text{ mi/h}}{34.82 \text{ mi/h}} \cdot 100 = 65.41 \%$$

Posteriormente al ingresar con este porcentaje a la **Tabla N° 01** se determina que el nivel de servicio del tramo en estudio es: C.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En el presente capítulo se realiza la interpretación de los resultados obtenidos luego de la recolección de datos en campo y la aplicación de las metodologías del HCM 2010 correspondientes al análisis del nivel de servicio de intersecciones semaforizadas y segmentos viales urbanos del Jirón Amalia Puga, que fue objeto de nuestro estudio.

Adicionalmente en este capítulo se planteó posibles mejoras a corto plazo a la funcionalidad actual y al nivel de servicio que actualmente nos ofrece el Jr. Amalia Puga de la ciudad de Cajamarca.

4.1. RESULTADOS DEL VOLUMEN DE TRÁNSITO Y LA COMPOSICIÓN VEHICULAR

Como se indicó en el **punto 2.2** del capítulo III, para el análisis del flujo vehicular se consideró 3 puntos de aforo vehicular repartidos a lo largo del Jr. Amalia Puga, en los cuales se recaudó los datos necesarios para realizar la evaluación del tránsito vehicular. En la siguiente tabla se muestra la ubicación de cada uno de estos puntos de aforo a modo de leyenda, para facilitar la interpretación de tablas posteriores.

Tabla N°81: Ubicación de puntos de aforo vehicular.

PUNTO DE AFORO	VÍA DE ESTUDIO	UBICACIÓN	PROGRESIVA
1	Jr. Amalia Puga	Jr. Urrelo	0+320 (TRAMO N°01)
2	Jr. Amalia Puga	Jr. Dos de Mayo	0+550 (TRAMO N°01)
2	Jr. Amalia Puga	Jr. José Gálvez	0+360 (TRAMO N°02)

Fuente: Propia

En el **Plano N° 03** se muestra la ubicación de estos puntos de aforo vehicular.

4.1.1. VOLUMEN DE TRÁNSITO

En la **Tabla N° 82** se muestra un resumen del volumen de tránsito semanal, para cada punto de aforo.

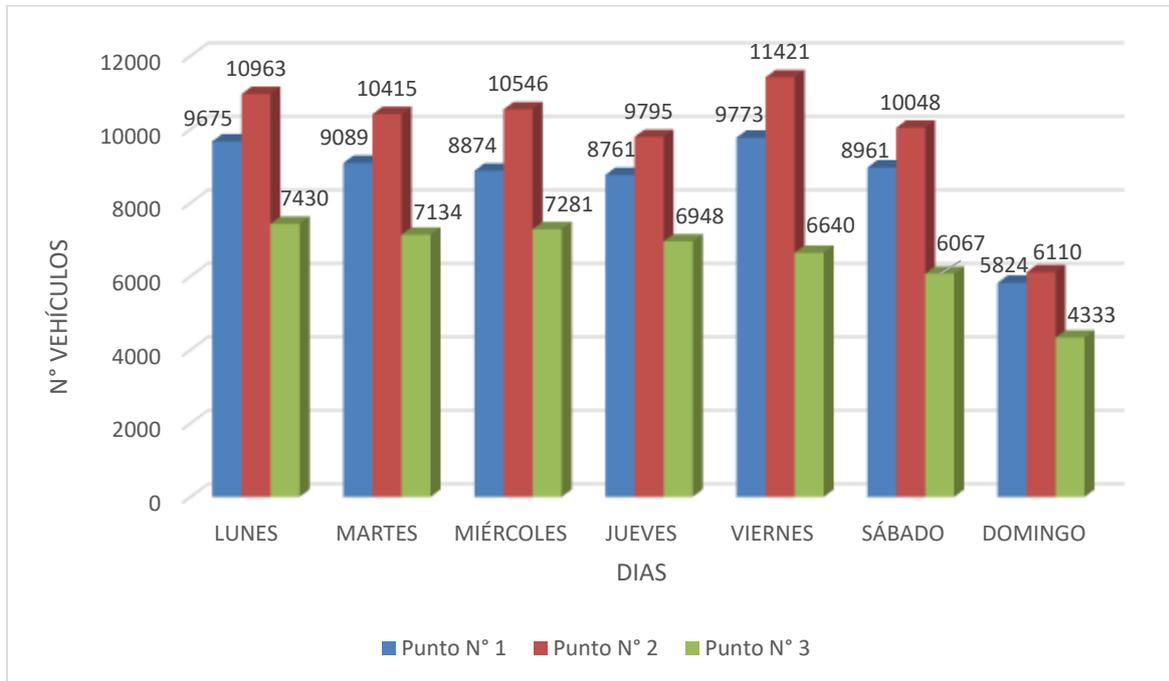
Tabla N°82: Resumen del flujo vehicular en los puntos de aforo.

PUNTO DE AFORO	VOLUMEN DE TRÁFICO							TRÁNSITO SEMANAL	TPDS
	L	M	M	J	V	S	D		
1	9675	9089	8874	8761	9773	8961	5824	60957	8708
2	10963	10415	10546	9795	11421	10048	6110	69298	9900
3	7430	7134	7281	6948	6640	6067	4333	45833	6548

Fuente: Propia

En la siguiente figura se puede apreciar los diagramas de barras del flujo vehicular de cada punto de aforo.

Figura N°35: Flujo vehicular en cada uno de los puntos de aforo.



Fuente: Propia

4.1.2. FACTOR DE HORA PUNTA

En la **Tabla N° 83** se muestra los factores de hora punta para los periodos cada 5, 10 y 15 minutos de los puntos de aforo analizados. De acuerdo con lo referido en el **punto 2.1.1.** del capítulo II, valores bajos del FHP indican una alta variabilidad del tráfico dentro de la hora punta, mientras que valores más próximos a 1.00 indican variaciones más bajas. Como se observa en la **Tabla N° 83** el punto de aforo N° 1 presenta un flujo vehicular más regular en periodos cada 10 minutos ya que tiene un $FHP_{10 \text{ min}} = 0.91$ y presenta un flujo más variado en periodos cada 5 minutos ya que tiene un $FHP_{5 \text{ min}} = 0.83$; el punto de aforo N° 2 presenta un flujo vehicular muy regular en periodos cada 15 minutos ya que tiene un $FHP_{15 \text{ min}} = 0.96$ y presenta un flujo más variado en periodos cada 5 minutos ya que tiene un $FHP_{5 \text{ min}} = 0.89$; y el punto de aforo N° 3 presenta un flujo vehicular relativamente regular en periodos cada 15 minutos ya que tiene un $FHP_{15 \text{ min}} = 0.86$ y presenta un flujo muy variado en periodos cada 5 y 10 minutos ya que presenta un $FHP_{5 \text{ min}} = 0.73$ y $FHP_{10 \text{ min}} = 0.74$ respectivamente.

Tabla N°83: Factor de hora punta de cada uno de los puntos de aforo vehicular.

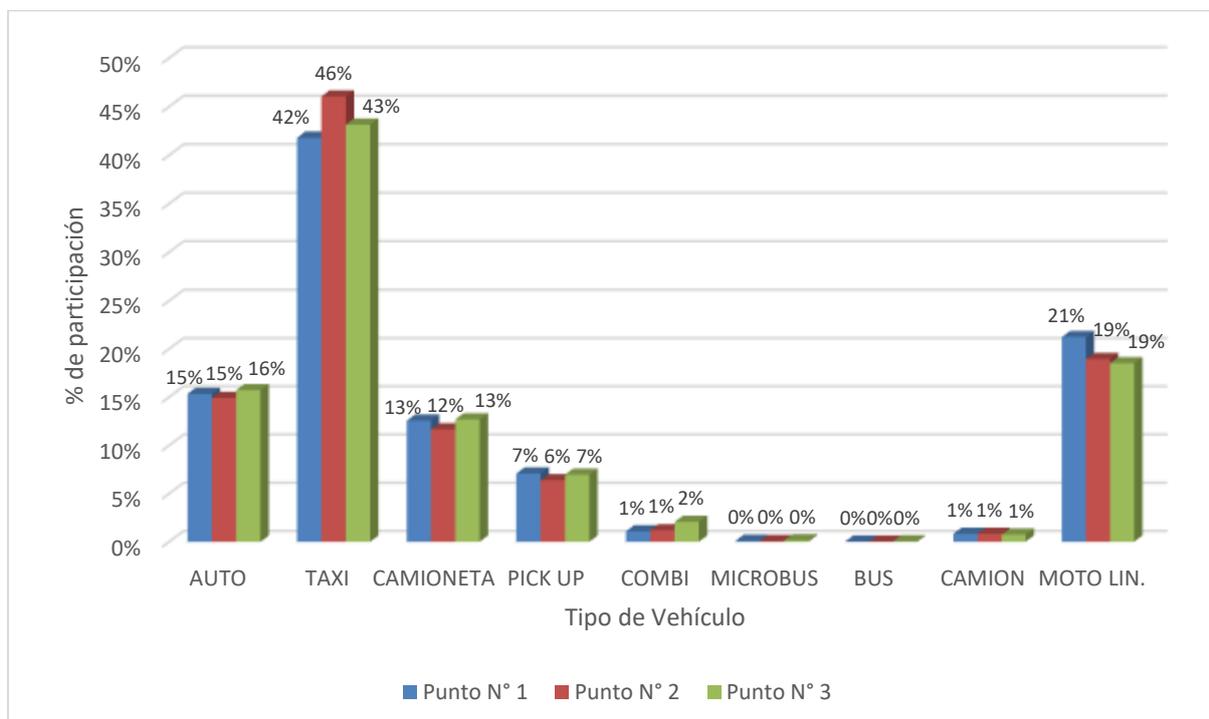
PUNTO DE AFORO	VOLUMEN HORA PUNTA	Periodo: 5 min		Periodo: 10 min		Periodo: 15 min	
		VOLUMEN PERIODO MAX	FHP _{5 min}	VOLUMEN PERIODO MAX	FHP _{10 min}	VOLUMEN PERIODO MAX	FHP _{15 min}
1	916	92	0.83	167	0.91	258	0.89
2	961	90	0.89	170	0.94	249	0.96
3	678	77	0.73	152	0.74	197	0.86

Fuente: Propia

4.1.3. COMPOSICIÓN VEHICULAR

En la **Figura N° 36** se muestra la composición vehicular correspondiente a los puntos de aforo analizados. Como se puede observar, se tienen porcentajes similares de los diferentes tipos de vehículos en los tres puntos de aforo. Además de esto, el gráfico nos muestra que para los tres casos el porcentaje de taxis se aproxima al 50% del total de vehículos contabilizados, lo que quiere decir que hay una sobreoferta del servicio de taxis que circulan a lo largo del Jr. Amalia Puga. También se puede apreciar casi una nula participación de vehículos pesados como son: camiones, buses y microbuses.

Figura N°36: Composición vehicular en los puntos de aforo del jirón Amalia Puga.



Fuente: Propia

4.2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

Como ya se mencionó anteriormente, se consideraron dos intersecciones semaforizadas para realizar el análisis. En la **Tabla N° 84** se muestra a modo de leyenda la ubicación de cada una de ellas, para facilitar la interpretación de tablas posteriores.

Tabla N°84: Ubicación de las intersecciones semaforizadas.

INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA	UBICACIÓN	PROGRESIVA
01	Jr. Amalia Puga y Jr. Urrelo	0+320 (TRAMO N°01)
02	Jr. Amalia Puga y Jr. Dos de Mayo	0+550 (TRAMO N°01)

Fuente: Propia

4.2.1. RESULTADOS DE LA TASA DE FLUJO DE SATURACIÓN AJUSTADA

Es conveniente resaltar que para el análisis se consideró una tasa de flujo de saturación base de 1900 vehículos por cada grupo de carriles, este valor fue afectado por una serie de factores de ajuste, para finalmente obtener la tasa de flujo de saturación ajustada para cada grupo de carriles. A continuación, se describe los resultados obtenidos en cada una de las intersecciones analizadas.

4.2.1.1. INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA N° 01

Como se puede apreciar en el Capítulo III, esta intersección tiene cuatro grupos de carriles, de los cuales dos tienen un sentido vehicular en dirección Oeste, uno en dirección Norte y el otro en dirección Sur. Para tener una mayor interpretación la **Tabla N° 85** muestra el sentido de cada uno de los grupos de carriles y su respectiva tasa de flujo de saturación ajustada (**S**).

Tabla N° 85: Resumen del flujo de saturación ajustada en la intersección N° 01.

	OESTE		NORTE		SUR
	GC-01	GC-02	GC-03		GC-04
					
S (veh)	1018.916852	1086.971475	1412.306305		1282.435144

Fuente: Propia

Cabe mencionar que el GC-01 principalmente se vio afectado por los factores de ajuste de ancho de carril, giro de vehículos a la derecha y giro de peatones y ciclistas a la derecha. El GC-02 se vio afectado principalmente por los factores de ajuste de ancho de carril, maniobras de estacionamiento, giro de vehículos a la izquierda y giro de peatones y ciclistas a la

izquierda. El GC-03 se vio afectado principalmente por los factores de ancho de carril, pendiente del acceso (de manera positiva), giro de vehículos a la izquierda y giro de peatones y ciclistas a la izquierda. Finalmente, el GC-04 principalmente se vio afectado por los factores de ancho de carril (de manera positiva), pendiente en el acceso, giro de vehículos a la derecha y giro de peatones y ciclistas a la derecha.

4.2.1.2. INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA N° 02

Esta intersección tiene dos grupos de carriles, de los cuales uno tiene un sentido vehicular en dirección Oeste, y el otro en dirección Norte. Para tener una mayor interpretación la **Tabla N° 86** muestra el sentido de cada uno de los grupos de carriles y su respectiva tasa de flujo de saturación ajustada (**S**).

Tabla N° 86: Resumen del flujo de saturación ajustada en la intersección N° 02.

	OESTE GC-01	NORTE GC-02
		
S	1163.646566	1742.500000

Fuente: Propia

Cabe mencionar que el GC-01 principalmente se vio afectado por los factores de ajuste de maniobras de estacionamiento y giro de vehículos a la derecha. El GC-02 no tuvo mayor incidencia por parte de los factores de ajuste, por lo que su valor de **S** se aproxima al valor de **S** base.

4.2.2. RESULTADOS DE LA CAPACIDAD

Como se indica en el **punto 5.1.3.** del capítulo II, la capacidad vehicular es el máximo número de vehículos que razonablemente pueden pasar por un acceso durante un intervalo de tiempo dado. La relación entre el volumen vehicular y la capacidad (V/C) se conoce como el grado de saturación (X). Cuando la tasa de flujo vehicular ajustada (V) es igual a la capacidad (C), el grado de saturación es igual a 1, es decir el acceso opera al 100% de su capacidad, pero valores de X mayores a 1, indican una sobresaturación vehicular en el acceso. En nuestro caso se determinó la capacidad y el grado de saturación de cada uno de los accesos que conforman las intersecciones analizadas, dichos valores se muestran en la siguiente tabla resumen:

Tabla N° 87: Resumen capacidad y relación v/C de las intersecciones analizadas.

	INTERSECCIÓN N° 01				INTERSECCIÓN N° 02	
	OESTE		NORTE	SUR	OESTE	NORTE
	GC-01	GC-02	GC-03	GC-04	GC-01	GC-02
						
Capacidad, C	615	656	447	406	1538	1843
Relación v/C , X	0.733	0.640	0.500	0.639	0.647	0.282
Grado de Saturación, X_c	0.716			0.557		

Fuente: Propia

Al analizar los resultados obtenidos de la relación volumen – capacidad (grado de saturación) podemos concluir que ninguno de los accesos de las intersecciones analizadas se encuentra sobresaturado ya que no se presentan valores de X mayores a 1.

Para analizar la capacidad total de la intersección, utilizamos otro factor denominado grado de saturación crítico (X_c). Este factor considera los grupos de carriles críticos, es decir, los grupos de carriles que tienen la mayor relación de flujo (V/S) para cada fase. La **Tabla N° 87** también nos muestra el grado de saturación crítico (X_c) para cada intersección.

4.2.3. RESULTADOS DEL NIVEL DE SERVICIO

Como se especificó en el **punto 5.1.4** del Capítulo II el nivel de servicio nos indica la aceptabilidad de los niveles de demora de vehículos en la intersección. La demora cuantifica el aumento del tiempo de viaje debido al control de las señales de tráfico, además, indirectamente sirve de medida para conocer la disconformidad del usuario y el consumo de combustible. Por tanto, se determinó el nivel de servicio de las intersecciones analizadas al obtener la demora media por control, la cual no es más que la sumatoria de la demora uniforme, la demora incremental y la demora por cola inicial (no se presentó en nuestro caso). En la **Tabla N° 88** se muestra un resumen de las demoras para cada acceso y el nivel de servicio de cada uno de ellos.

Tabla N° 88: Resumen de demoras y nivel de servicio de las intersecciones analizadas.

	INTERSECCIÓN N° 01				INTERSECCIÓN N° 02	
	OESTE		NORTE	SUR	OESTE	NORTE
	GC-01	GC-02	GC-03	GC-04	GC-01	GC-02
Demora uniforme, d_1 (s/veh)	14.226	12.917	28.011	29.563	12.141	35.371
Demora incremental, d_2 (s/veh)	4.814	3.518	3.444	5.658	1.533	0.383
Demora, d (s/veh)	19.040	16.436	31.456	35.221	13.675	35.755
NS Accesos	B	B	C	D	B	D
Demora Intersección, d_I (s/veh)		23.386			21.252	
NS Intersección		C			C	

Fuente: Propia

Como se observa en la **Tabla N° 88** en la Intersección N° 01 los vehículos tardan un promedio de 23.386 segundos en transitar a través de ella, mientras que en la Intersección N° 02 los vehículos tardan un promedio de 21.252 segundos, por lo que al utilizar la **Tabla N° 06** ambas intersecciones brindan un nivel de servicio C a los vehículos que transitan a través de estas. Esto nos quiere decir que el número de vehículos que se detiene es significativo, aunque muchos de ellos siguen circulando a través de las intersecciones sin parar.

4.2.4. RESULTADOS DEL ANÁLISIS PEATONAL

Como se muestra en el **punto 2.3.4.** del Capítulo III, se realizó el análisis del cruce peatonal con mayor demanda de la intersección semaforizada N° 01 (Figura N° 28). Los datos obtenidos para determinar el nivel de servicio del cruce peatonal son los siguientes:

- **Área de circulación por peatón**
 Esquina N° 01: $1.90 \text{ m}^2 - s$
 Esquina N° 02: $1.59 \text{ m}^2 - s$
- **Área de circulación peatonal (M_{cw})**

$$M_{cw} = 17.12 \text{ ft}^2/p \cong 1.59 \text{ m}^2/p$$

- **Retraso del peatón (d_p)**

$$d_p = 42.39 \text{ s/p}$$

- **Puntuación de nivel de servicio ($I_{p,int}$)**

$$I_{p,int} = 1.87$$

- **Nivel de servicio (NS)**

$$\text{Nivel de Servicio} = A$$

4.3. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DEL SEGMENTO VÍAL URBANO

Como se indica en el Capítulo III, el tramo considerado para el análisis del nivel de servicio de un segmento vial urbano, es el comprendido entre el Jr. Apurímac (Progresiva 0+120 del Tramo N°02) y Jr. José Gálvez (Progresiva 0+360 del Tramo N° 02). La **Tabla N° 89** nos muestra un resumen detallado con todos los parámetros necesarios para determinar el nivel de servicio del segmento vial urbano analizado.

Tabla N° 89: Resumen de parámetros y nivel de servicio del segmento analizado.

PASOS DE ANÁLISIS	FACTORES	VALORES ESTIMADOS
A) Determinar velocidad de flujo libre	Velocidad Constante (S_0)	37.35 (mi/h) \cong 60.11 (km/h)
	Factor de ajuste para sección transversal (f_{CS})	-0.47 (mi/h) \cong -0.76 (km/h)
	Factor de ajuste para puntos de acceso (f_A)	-2.06 (mi/h) \cong -3.32 (km/h)
	velocidad de flujo libre base (S_{f0})	34.82 (mi/h) \cong 56.03 (km/h)
	Factor de ajuste por espaciamiento de señales (f_L)	0.93
	Velocidad de Flujo Libre (S_f)	32.46 (mi/h) \cong 52.25 (km/h)
B) Calcular ajuste por proximidad entre vehículos	Factor de ajuste por proximidad entre vehículos (f_v)	1.04
C) Calcular demora debido al giro de vehículos	Demora debido al giro de vehículos (d_{ap})	0.60 (s/veh)
D) Estimar demora debido a otras fuentes	Demora debido a otras fuentes (d_{other})	6.00 (s/veh)
E) Calcular tiempo en movimiento en el segmento	Tiempo de movimiento (T_R)	24.61 (seg)
F) Determinar la velocidad de viaje	Velocidad de viaje ($S_{T,seg}$)	22.77 (mi/h) \cong 36.65 (km/h)
G) Determinar el nivel de servicio	$\frac{S_{T,seg}}{S_{f0}} \times 100$	65.41 %
	Nivel de Servicio (NS)	C

Fuente: Propia

Como se puede observar en la **Tabla N° 89**, la Velocidad de viaje en el segmento (36.65 km/h) representa el 65.41% de la velocidad de flujo libre base (56.03 km/h), por lo que al ingresar a la **Tabla N° 01** podemos afirmar que el nivel de servicio del segmento analizado es C, lo que quiere decir que presenta una operación estable, aunque con presencia de colas largas en la intersección límite aguas abajo, lo que conlleva a una disminución en la

velocidad de viaje. Además de esto, es oportuno mencionar que el tiempo de viaje promedio de los vehículos que transitan a través del segmento es de 24.61 segundos, tiempo que es relativamente aceptable dadas las condiciones geométricas y ubicación del segmento.

4.4. CONTRASTACIÓN CON LA HIPÓTESIS

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos del análisis de las dos intersecciones semaforizadas y del segmento vial urbano del Jr. Amalia Puga podemos afirmar que el Jr. Amalia Puga presenta un Nivel de Serviciabilidad C, por lo que, al contrastar estos resultados con la hipótesis planteada, se verifica que ésta es verdadera, pues se consideró que el Jr. Amalia Puga opera a un Nivel de Serviciabilidad C.

4.5. PROPUESTAS DE SOLUCIÓN

Como se puede observar, los resultados del análisis obtenidos, nos indican que las condiciones de circulación vehicular y el nivel de servicio del Jr. Amalia Puga por el momento son estables, por lo que únicamente se presenta alternativas de solución a corto plazo, ya que si no se obtienen los resultados esperados se pueden llevar a cabo medidas retroactivas para volver a las condiciones anteriores.

Considerando el análisis realizado, la principal e inmediata alternativa de solución o mejora de la transitabilidad y serviciabilidad del Jr. Amalia Puga sería restringir el estacionamiento vehicular a lo largo de toda la calle durante los periodos con mayor demanda vehicular, lo que tendría como consecuencia un aumento significativo en el espacio para la circulación vehicular y por ende una reducción considerable en la saturación vehicular principalmente durante las horas punta. A continuación, se muestra el impacto que tendría ésta medida en las intersecciones semaforizadas y el segmento vial urbano analizados.

4.5.1. INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

Al tomar la medida de restringir el estacionamiento vehicular en todo el Jr. Amalia Puga, en la intersección N° 01 ésta tendría mayor incidencia en el GC-02, ya que este acceso se ve afectado considerablemente por las maniobras de estacionamiento; y en la intersección N° 02 tendría mayor incidencia en el GC-01 por la misma razón. La **Tabla N° 90** muestra una comparativa entre los factores obtenidos en el análisis realizado con los factores que se obtendrían al restringir el estacionamiento en la calle de estudio en las dos intersecciones analizadas.

Tabla N° 90: Comparativa de resultados al tomar la medida restrictiva en las intersecciones.

	INTERSECCIÓN N° 01		INTERSECCIÓN N° 02	
	VALORES REALES GC-02	VALORES FICTICIOS GC-02	VALORES REALES GC-01	VALORES FICTICIOS GC-01
				
Flujo de saturación ajustada, S	1086.971	1278.789	1163.646	1278.732
Capacidad, C	656.487	772.338	1538.706	1690.885
Relación v/C , X	0.640	0.544	0.647	0.588
Demora, d	16.436	14.082	13.675	12.563
Nivel de Servicio	B	B	B	B

Fuente: Propia

Como se observa en la **Tabla N° 90**, al restringir el estacionamiento en el Jr. Amalia Puga, para ambos casos las condiciones de capacidad y grado de saturación mejorarían considerablemente, tal es así que en la intersección N° 01 la demora por vehículo disminuiría de 16.436 segundos a 14.082 segundos, manteniéndose en un Nivel de Servicio B; y en la intersección N° 02 la demora por vehículo disminuiría de 13.675 segundos a 12.563 segundos, manteniéndose también el Nivel de Servicio en B.

4.5.2. SEGMENTO VIAL URBANO

Para el caso del segmento vial urbano analizado, al tomar la medida de restringir el estacionamiento de vehículos en todo el Jr. Amalia Puga, las condiciones de flujo vehicular y nivel de servicio mejorarían considerablemente, ya que el número de carriles de circulación aumentaría a 2 carriles. Además de esto en el análisis se consideró una demora adicional por maniobras de estacionamiento de 6 segundos por vehículo, la cual ya no se consideraría en el caso de restringir el estacionamiento vehicular en la vía de estudio. La **Tabla N° 91** nos muestra una comparativa de los resultados obtenidos en el análisis con los resultados que se obtendrían al tomar la medida restrictiva mencionada anteriormente.

Tabla N° 91: Comparativa de resultados al tomar la medida restrictiva en el segmento vial analizado.

FACTORES	VALORES REALES	VALORES FICTICIOS
Velocidad Constante (S_0)	37.35 (mi/h) \cong 60.11 (km/h)	37.35 (mi/h) \cong 60.11 (km/h)
Factor de ajuste para sección transversal (f_{CS})	-0.47 (mi/h) \cong -0.76 (km/h)	-0.47 (mi/h) \cong -0.76 (km/h)
Factor de ajuste para puntos de acceso (f_A)	-2.06 (mi/h) \cong -3.32 (km/h)	-1.03(mi/h) \cong -1.66 (km/h)
velocidad de flujo libre base (S_{f0})	34.82 (mi/h) \cong 56.03 (km/h)	35.85 (mi/h) \cong 57.69 (km/h)
Factor de ajuste por espaciamiento de señales (f_L)	0.93	0.93
Velocidad de Flujo Libre (S_f)	32.46 (mi/h) \cong 52.25 (km/h)	33.21 (mi/h) \cong 53.45 (km/h)
Factor de ajuste por proximidad entre vehículos (f_v)	1.04	1.02
Demora debido al giro de vehículos (d_{ap})	0.60 (s/veh)	0.29 (s/veh)
Demora debido a otras fuentes (d_{other})	6.00 (s/veh)	0.00 (s/veh)
Tiempo de movimiento (T_R)	24.61 (seg)	17.48 (seg)
Velocidad de viaje ($S_{T,seg}$)	22.77 (mi/h) \cong 36.65 (km/h)	32.07 (mi/h) \cong 51.61 (km/h)
$\frac{S_{T,seg}}{S_{f0}} \times 100$	65.41 %	89.45 %
Nivel de Servicio (NS)	C	A

Fuente: Propia

Como se observa en la **Tabla N° 91**, al tomar la medida de restringir el estacionamiento vehicular en todo el Jr. Amalia Puga, la velocidad de flujo libre base se incrementaría de 56.03 km/h a 57.69 km/h, la demora debido al giro de vehículos se reduciría de 0.60 seg/veh a 0.29 seg/veh y como se mencionó anteriormente se anularía la demora debido a otras fuentes, que para nuestro caso es la demora debido a maniobras de estacionamiento. Todos estos cambios se verían reflejados en la reducción del tiempo de movimiento en el segmento de 24.61 seg a 17.48 seg, y por consecuencia la velocidad de viaje aumentaría de 36.65 km/h a 51.61 km/h, valor que es el 89.45% de la velocidad de flujo libre base, dando como resultado un nivel de servicio A.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- De acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis realizado a las intersecciones semaforizadas y al segmento vial urbano ubicados en el Jr. Amalia Puga los cuales presentan un Nivel de servicio C, podemos concluir que el Nivel de Serviciabilidad del jirón Amalia Puga es de Nivel C.
- De acuerdo con los aforos vehiculares realizados en el jirón Amalia Puga se determinó que la hora de máxima demanda vehicular, como se muestra en las **tablas N°28, N°30 y N°32**, es durante el periodo comprendido entre 07:15am – 08:15am. La composición vehicular en el jirón Amalia Puga en toda su extensión presenta porcentajes similares de vehículos durante toda la semana, con un porcentaje de taxis que se aproxima al 50% del total de vehículos, por lo que podemos concluir que hay una sobreoferta del servicio de taxis en circulación (ver **Figura N° 36**). Por el contrario, se presentó una escasa participación de vehículos pesados tales como camiones, buses y microbuses. También es pertinente mencionar que hay una reducida participación de combis, ya que en esta calle se encuentra restringida la circulación de líneas de transporte público.
- De acuerdo con el análisis realizado la intersección semaforizada N° 01 presenta un grado de saturación de **0.716** y la intersección semaforizada N° 02 presenta un grado de saturación de **0.557** (Ver **Tabla N°73 y Tabla N°74**). Así mismo en la intersección N°01 se obtuvo una demora por vehículo de 23.386 segundos presentando un nivel de servicio C y en la intersección N° 02 se obtuvo una demora por vehículo de 21.252 segundos también presentando un nivel de servicio C.
- En el análisis del nivel de servicio del segmento vial urbano del Jr. Amalia Puga se determinó que el tiempo de movimiento en el segmento es de 24.61 segundos, y la velocidad de viaje es 36.65 km/h que representa el 65.41% de la velocidad de flujo libre base que es 56.03 km/h, por lo que podemos concluir que el nivel de servicio del segmento analizado es C.
- Se determinó las características geométricas del jirón Amalia Puga, presentando anchos de calzada que varían entre 5.20 m y 6.35 m a lo largo de toda la vía (Ver **Tabla N° 16 y Tabla N° 17**).

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar investigaciones futuras a las principales vías de la ciudad de Cajamarca, para determinar las condiciones actuales en las que se encuentran, y así poder plantear mejoras o alternativas de solución a los problemas de tránsito que las aquejan.
- Se recomienda a las entidades públicas competentes adaptar a la realidad peruana la metodología aplicada en la presente investigación realizando un Manual de Capacidad Vehicular acorde con las características de nuestras vías, ya que el comportamiento vial en este país difiere considerablemente con la realidad vial en los Estados Unidos.
- Se recomienda restringir el estacionamiento vehicular en el Jr. Amalia Puga, durante los periodos comprendidos entre 07:00 am – 09:00 am y 12:00 pm – 02:00 pm, pues durante éstos periodos se presenta mayor flujo vehicular a lo largo de toda la vía.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Manuel Romana; Miguel Nuñez; Juan Miguel Martínez; Rafael Diez de Arizaleta. 2010. Manual de capacidad de carreteras HCM 2010. Madrid, España, Ed Fundación Confemetal. 1168p.
- Transportation Research Board. 2010. Highway Capacity Manual 2010. Washington D.C., Estados Unidos de América. 1202p.
- Instituto de la Construcción y Gerencia. 2005. Manual de diseño geométrico en vías urbanas. Lima, Perú, VCHI.S.A. 126p.
- Cal, R; Cárdenas J. 2000. Ingeniería de tránsito: Fundamentos y Aplicaciones. García, E. ed. 7 ed. México DF, Mexico. Alfaomega SA. 517 p.
- Bañón Blázquez, L; Beviá García, JF. 2000. Manual de Carreteras v. 1. España. s.e. 409p.
- Angaspilco Chinguel Cristhian Roberto. 2014. Nivel de Serviciabilidad En las Avenidas; Atahualpa, Juan XXIII, Independencia, De Los Héroes y San Martín De La Ciudad De Cajamarca. Tesis ing. Cajamarca, Perú, UNC. 133p.
- Agreda Ríos Luis Steve; Parra Alarcón Renato Guillermo. 2017. Análisis comparativo de la aplicación de la metodología HCM2000 y HCM2010 en un tramo semaforizado de la avenida San Luis en la ciudad metropolitana de Lima. Tesis Ing. Lima, Perú, UPC. 111p.
- Ñontol Muñoz Deysi Milagros. 2015. Problemática del tráfico y su relación con la serviciabilidad de los jirones de Chanchamayo, Leguia, Tayabamba de la ciudad de Cajamarca – 2015. Tesis Ing. Cajamarca, Perú, UNC. 220p.
- Baeza Martínez, Angélica; Martínez Ambriz, Elizabeth Rosa. 2013. Metodología para el análisis de capacidad y nivel de servicio en intersecciones semaforizadas de acuerdo al manual de capacidad HCM 2000: Caso Cerro del Agua/Ingeniería. Tesis Ing. México DF, México, UNAM. 213p.
- Amoroso, MA; Hermida, PA. 2012. Análisis de las intersecciones semaforizadas de la avenida Huayna-Cápac entre avenida doce de abril y calle Mariscal Lamar. Tesis Ing. Cuenca, Ecuador, UC. 130p.

- Bonett, P; Yatto, E. 2017. Análisis de la capacidad vial y nivel de servicio de las intersecciones semaforizadas: Av. 28 de Julio – 3er paradero de Ttio, Av. La cultura – Manuel Prado, Prolongación Av. La cultura – Universidad Andina del Cusco; en comparación con una intersección a desnivel aplicando la metodología del HCM 2010 y softwares de simulación. Tesis Ing. Cusco, Perú, UAC. 346p.

ANEXOS

ANEXO 01
CONDICIONES SEMAFÓRICAS

01.01. Determinación de los intervalos de tiempo para cada fase del semáforo de la Intersección N° 01, ACCESO 01 (OESTE)

Instante	1° Medición		2° Medición		3° Medición		4° Medición	
	Cronómetro	Intervalo (seg)						
	0.00		0.00		0.00		0.00	
Fin Verde ACC 01	61.31	61.31	60.81	60.81	61.75	61.75	60.83	60.83
Fin Ámbar ACC 01	64.86	3.55	64.57	3.76	63.45	1.70	64.71	3.88
Fin Rojo ACC 01	101.56	36.70	101.47	36.90	100.04	36.59	101.21	36.50

Instante	5° Medición		6° Medición		7° Medición		8° Medición	
	Cronómetro	Intervalo (seg)						
	0.00		0.00		0.00		0.00	
Fin Verde ACC 01	60.24	60.24	61.13	61.13	60.50	60.50	61.42	61.42
Fin Ámbar ACC 01	64.89	4.65	64.10	2.97	63.30	2.80	63.41	1.99
Fin Rojo ACC 01	100.36	35.47	100.80	36.70	100.38	37.08	101.27	37.86

Instante	9° Medición		10° Medición		PROMEDIO Intervalo (seg)	DESV. EST. Intervalo (seg)
	Cronómetro	Intervalo (seg)	Cronómetro	Intervalo (seg)		
	0.00		0.00			
Fin Verde ACC 01	60.69	60.69	61.36	61.36	61.00	0.47
Fin Ámbar ACC 01	63.25	2.56	63.52	2.16	3.00	0.94
Fin Rojo ACC 01	101.28	38.03	101.65	38.13	37.00	0.82

TOTAL CICLO SEMAFÓRICO DE LA INTERSECCIÓN N° 01

101.00 segundos

01.02. Determinación de los intervalos de tiempo para cada fase del semáforo de la Intersección N° 01, ACCESO 02 (NORTE)

Instante	1° Medición		2° Medición		3° Medición		4° Medición	
	Cronómetro	Intervalo (seg)						
	0.00		0.00		0.00		0.00	
Fin Verde ACC 02	32.48	32.48	31.68	31.68	31.94	31.94	32.30	32.30
Fin Ámbar ACC 02	34.75	2.27	35.16	3.48	35.21	3.27	34.53	2.23
Fin Rojo ACC 02	100.91	66.16	101.18	66.02	100.86	65.65	101.29	66.76

Instante	5° Medición		6° Medición		7° Medición		8° Medición	
	Cronómetro	Intervalo (seg)						
	0.00		0.00		0.00		0.00	
Fin Verde ACC 02	31.83	31.83	32.43	32.43	31.68	31.68	31.71	31.71
Fin Ámbar ACC 02	35.12	3.29	35.26	2.83	35.04	3.36	34.85	3.14
Fin Rojo ACC 02	100.58	65.46	101.37	66.11	100.91	65.87	100.84	65.99

Instante	9° Medición		10° Medición		PROMEDIO Intervalo (seg)	DESV. EST. Intervalo (seg)
	Cronómetro	Intervalo (seg)	Cronómetro	Intervalo (seg)		
	0.00		0.00			
Fin Verde ACC 02	32.26	32.26	31.73	31.73	32.00	0.33
Fin Ámbar ACC 02	35.12	2.86	35.02	3.29	3.00	0.45
Fin Rojo ACC 02	100.94	65.82	101.20	66.18	66.00	0.35

TOTAL CICLO SEMAFÓRICO DE LA INTERSECCIÓN N° 01

101.00 segundos

01.03. Determinación de los intervalos de tiempo para cada fase del semáforo de la Intersección N° 01, ACCESO 03 (SUR)

Instante	1° Medición		2° Medición		3° Medición		4° Medición	
	Cronómetro	Intervalo (seg)						
	0.00		0.00		0.00		0.00	
Fin Verde ACC 03	32.16	32.16	32.00	32.00	32.09	32.09	31.99	31.99
Fin Ámbar ACC 03	35.34	3.18	35.05	3.05	34.89	2.80	35.30	3.31
Fin Rojo ACC 03	101.20	65.86	101.25	66.20	101.10	66.21	100.72	65.42

Instante	5° Medición		6° Medición		7° Medición		8° Medición	
	Cronómetro	Intervalo (seg)						
	0.00		0.00		0.00		0.00	
Fin Verde ACC 03	31.87	31.87	32.21	32.21	32.02	32.02	31.59	31.59
Fin Ámbar ACC 03	34.99	3.12	34.82	2.61	35.21	3.19	34.75	3.16
Fin Rojo ACC 03	101.13	66.14	100.88	66.06	100.75	65.54	101.20	66.45

Instante	9° Medición		10° Medición		PROMEDIO Intervalo (seg)	DESV. EST. Intervalo (seg)
	Cronómetro	Intervalo (seg)	Cronómetro	Intervalo (seg)		
	0.00		0.00			
Fin Verde ACC 03	32.00	32.00	32.08	32.08	32.00	0.17
Fin Ámbar ACC 03	34.98	2.98	34.68	2.60	3.00	0.25
Fin Rojo ACC 03	100.74	65.76	100.99	66.31	66.00	0.34

TOTAL CICLO SEMAFÓRICO DE LA INTERSECCIÓN N° 01

101.00 segundos

01.04. Determinación de los intervalos de tiempo para cada fase del semáforo de la Intersección N° 02, ACCESO 01 (OESTE)

Instante	1° Medición		2° Medición		3° Medición		4° Medición	
	Cronómetro	Intervalo (seg)						
	0.00		0.00		0.00		0.00	
Fin Verde ACC 01	79.69	79.69	79.82	79.82	79.84	79.84	79.79	79.79
Fin Ámbar ACC 01	82.65	2.96	83.18	3.36	82.54	2.70	82.92	3.13
Fin Rojo ACC 01	120.76	38.11	120.99	37.81	121.03	38.49	121.09	38.17

Instante	5° Medición		6° Medición		7° Medición		8° Medición	
	Cronómetro	Intervalo (seg)						
	0.00		0.00		0.00		0.00	
Fin Verde ACC 01	79.85	79.85	80.28	80.28	80.25	80.25	80.41	80.41
Fin Ámbar ACC 01	83.46	3.61	83.16	2.88	82.99	2.74	83.40	2.99
Fin Rojo ACC 01	120.95	37.49	121.20	38.04	121.18	38.19	121.00	37.60

Instante	9° Medición		10° Medición		PROMEDIO Intervalo (seg)	DESV. EST. Intervalo (seg)
	Cronómetro	Intervalo (seg)	Cronómetro	Intervalo (seg)		
	0.00		0.00			
Fin Verde ACC 01	80.38	80.38	79.67	79.67	80.00	0.29
Fin Ámbar ACC 01	83.01	2.63	82.66	2.99	3.00	0.30
Fin Rojo ACC 01	121.19	38.18	120.62	37.96	38.00	0.30

TOTAL CICLO SEMAFÓRICO DE LA INTERSECCIÓN N° 02

121.00 segundos

01.05. Determinación de los intervalos de tiempo para cada fase del semáforo de la Intersección N° 02, ACCESO 02 (NORTE)

Instante	1° Medición		2° Medición		3° Medición		4° Medición	
	Cronómetro	Intervalo (seg)						
	0.00		0.00		0.00		0.00	
Fin Verde ACC 02	32.22	32.22	31.97	31.97	32.01	32.01	31.56	31.56
Fin Ámbar ACC 02	34.95	2.73	35.21	3.24	35.08	3.07	35.28	3.72
Fin Rojo ACC 02	121.05	86.10	121.11	85.90	121.00	85.92	121.24	85.96

Instante	5° Medición		6° Medición		7° Medición		8° Medición	
	Cronómetro	Intervalo (seg)						
	0.00		0.00		0.00		0.00	
Fin Verde ACC 02	32.32	32.32	31.98	31.98	32.20	32.20	32.12	32.12
Fin Ámbar ACC 02	35.26	2.94	34.76	2.78	34.82	2.62	34.97	2.85
Fin Rojo ACC 02	120.77	85.51	120.95	86.19	120.64	85.82	121.16	86.19

Instante	9° Medición		10° Medición		PROMEDIO Intervalo (seg)	DESV. EST. Intervalo (seg)
	Cronómetro	Intervalo (seg)	Cronómetro	Intervalo (seg)		
	0.00		0.00			
Fin Verde ACC 02	31.76	31.76	31.90	31.90	32.00	0.23
Fin Ámbar ACC 02	35.12	3.36	34.57	2.67	3.00	0.35
Fin Rojo ACC 02	120.93	85.81	121.15	86.58	86.00	0.29

TOTAL CICLO SEMAFÓRICO DE LA INTERSECCIÓN N° 02

121.00 segundos

ANEXO 02
RESUMEN DE AFOROS VEHICULARES

02.01. RESUMEN PUNTO DE AFORO VEHICULAR N° 01 (Jr. Amalia Puga y Jr. Urrelo)

		N° DE VEHÍCULOS MIXTOS/DIAS							
HORA		LUNES	MARTES	MIÉRCOES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO	TOTAL
6:30 a 6:35	16	19	21	13	18	16	4	107	
6:35 a 6:40	15	22	11	20	20	22	8	118	
6:40 a 6:45	31	26	23	25	20	18	12	155	
6:45 a 6:50	33	29	33	23	34	30	14	196	
6:50 a 6:55	39	39	39	35	39	35	13	239	
6:55 a 7:00	24	53	42	48	47	50	21	285	
7:00 a 7:05	36	46	55	49	58	52	16	312	
7:05 a 7:10	63	53	62	52	81	72	21	404	
7:10 a 7:15	71	79	62	77	71	63	37	460	
7:15 a 7:20	72	93	83	90	81	72	55	546	
7:20 a 7:25	86	84	84	80	85	91	48	558	
7:25 a 7:30	90	73	66	61	92	97	40	519	
7:30 a 7:35	91	65	63	69	55	51	45	439	
7:35 a 7:40	60	61	72	77	77	69	51	467	
7:40 a 7:45	66	72	60	62	60	63	42	425	
7:45 a 7:50	38	71	67	67	61	57	46	407	
7:50 a 7:55	63	61	57	59	87	78	41	446	
7:55 a 8:00	70	84	72	71	75	76	48	496	
8:00 a 8:05	74	73	72	70	92	82	49	512	
8:05 a 8:10	56	59	46	67	88	79	46	441	
8:10 a 8:15	52	51	69	52	63	58	36	381	
8:15 a 8:20	47	55	43	46	69	65	32	357	
8:20 a 8:25	60	57	50	62	79	71	43	422	
8:25 a 8:30	66	63	75	54	73	78	37	446	
8:30 a 8:35	59	46	52	57	79	71	39	403	
8:35 a 8:40	60	62	61	68	76	68	47	442	
8:40 a 8:45	57	54	67	54	70	65	37	404	
8:45 a 8:50	56	64	61	55	67	60	38	401	
8:50 a 8:55	58	58	53	66	65	61	46	407	
8:55 a 9:00	53	61	64	60	76	68	42	424	
9:00 a 9:05	61	62	53	54	63	57	37	387	
9:05 a 9:10	54	53	49	50	58	54	35	353	
9:10 a 9:15	65	62	48	57	59	53	39	383	
9:15 a 9:20	60	61	48	49	60	54	34	366	
9:20 a 9:25	54	52	52	53	58	52	37	358	
9:25 a 9:30	60	58	52	55	53	57	38	373	
9:30 a 9:35	55	46	52	53	57	51	37	351	
9:35 a 9:40	38	53	48	46	53	58	32	328	
9:40 a 9:45	50	33	48	43	37	33	30	274	
9:45 a 9:50	63	44	52	47	46	41	32	325	
9:50 a 9:55	49	46	47	39	45	44	27	297	

HORA	N° DE VEHÍCULOS MIXTOS/DIAS							TOTAL
	LUNES	MARTES	MIÉRCOES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO	
9:55 a 10:00	45	47	45	41	48	43	28	297
10:00 a 10:05	53	35	51	40	50	45	28	302
10:05 a 10:10	54	51	58	48	38	39	33	321
10:10 a 10:15	47	43	53	37	51	45	25	301
10:15 a 10:20	61	50	45	38	45	40	26	305
10:20 a 10:25	43	44	48	45	61	54	31	326
10:25 a 10:30	45	43	58	42	45	40	29	302
10:30 a 10:35	61	58	43	50	53	47	35	347
10:35 a 10:40	56	44	46	46	55	49	32	328
10:40 a 10:45	57	58	41	46	52	46	32	332
10:45 a 10:50	55	55	52	48	53	47	33	343
10:50 a 10:55	59	45	60	44	51	45	30	334
10:55 a 11:00	51	42	56	44	49	44	30	316
11:00 a 11:05	60	45	46	46	57	51	32	337
11:05 a 11:10	57	49	49	49	43	38	34	319
11:10 a 11:15	53	36	41	40	49	44	28	291
11:15 a 11:20	48	36	38	36	42	37	25	262
11:20 a 11:25	48	42	50	36	39	35	25	275
11:25 a 11:30	51	49	44	43	53	47	30	317
11:30 a 11:35	47	38	34	44	44	39	30	276
11:35 a 11:40	54	31	41	44	46	41	30	287
11:40 a 11:45	42	37	35	38	49	44	26	271
11:45 a 11:50	25	33	32	27	55	49	18	239
11:50 a 11:55	45	36	36	40	44	39	28	268
11:55 a 12:00	53	42	39	45	57	51	31	318
12:00 a 12:05	59	53	60	67	68	61	46	414
12:05 a 12:10	60	50	42	55	59	53	38	357
12:10 a 12:15	66	42	80	47	64	64	32	395
12:15 a 12:20	53	69	45	59	55	49	41	371
12:20 a 12:25	65	62	58	63	61	54	44	407
12:25 a 12:30	71	47	56	46	69	62	32	383
12:30 a 12:35	58	57	42	59	67	60	41	384
12:35 a 12:40	58	43	50	36	63	56	25	331
12:40 a 12:45	69	42	61	55	55	49	38	369
12:45 a 12:50	76	44	53	62	68	61	43	407
12:50 a 12:55	68	58	44	65	74	66	45	420
12:55 a 13:00	67	61	58	33	68	61	23	371
13:00 a 13:05	58	53	50	57	75	67	39	399
13:05 a 13:10	76	65	74	63	68	61	44	451
13:10 a 13:15	58	57	49	57	80	72	39	412
13:15 a 13:20	45	62	51	49	52	46	34	339
13:20 a 13:25	78	61	50	71	60	63	38	421
13:25 a 13:30	66	65	55	54	66	59	37	402
13:30 a 13:35	69	53	60	48	63	56	33	382
13:35 a 13:40	48	61	54	59	76	68	41	407
13:40 a 13:45	56	69	55	37	67	60	27	371

HORA	N° DE VEHÍCULOS MIXTOS/DIAS							TOTAL
	LUNES	MARTES	MIÉRCOES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO	
13:45 a 13:50	59	56	53	57	58	52	39	374
13:50 a 13:55	53	50	49	47	64	57	32	352
13:55 a 14:00	63	43	42	47	55	49	32	331
14:00 a 14:05	44	43	50	44	44	47	30	302
14:05 a 14:10	48	60	34	36	67	60	25	330
14:10 a 14:15	45	50	35	33	40	36	23	262
14:15 a 14:20	59	44	52	59	45	40	32	331
14:20 a 14:25	45	62	49	39	64	57	27	343
14:25 a 14:30	43	43	43	52	57	51	36	325
14:30 a 14:35	42	44	46	47	56	50	32	317
14:35 a 14:40	54	51	42	58	46	41	28	320
14:40 a 14:45	57	46	45	46	51	45	32	322
14:45 a 14:50	46	48	60	45	56	53	31	339
14:50 a 14:55	55	54	48	54	55	49	37	352
14:55 a 15:00	76	60	57	54	49	44	37	377
15:00 a 15:05	66	58	56	50	47	42	35	354
15:05 a 15:10	56	53	52	49	56	50	30	346
15:10 a 15:15	58	54	59	43	51	45	30	340
15:15 a 15:20	62	58	54	50	59	53	35	371
15:20 a 15:25	65	51	57	45	46	41	31	336
15:25 a 15:30	66	58	58	53	56	49	37	377
15:30 a 15:35	60	57	54	44	56	55	27	353
15:35 a 15:40	73	57	71	65	56	57	38	417
15:40 a 15:45	60	71	61	60	39	35	42	368
15:45 a 15:50	63	61	53	57	66	68	39	407
15:50 a 15:55	68	57	55	52	62	60	36	390
15:55 a 16:00	65	63	52	53	62	55	37	387
16:00 a 16:05	70	71	69	58	49	44	35	396
16:05 a 16:10	70	53	70	48	55	49	33	378
16:10 a 16:15	74	62	70	46	50	44	32	378
16:15 a 16:20	62	54	55	60	57	51	42	381
16:20 a 16:25	76	62	47	49	64	57	34	389
16:25 a 16:30	62	62	56	58	59	53	37	387
16:30 a 16:35	62	49	62	50	53	47	35	358
16:35 a 16:40	65	48	55	56	52	46	39	361
16:40 a 16:45	73	62	63	60	57	53	35	403
16:45 a 16:50	64	56	57	57	49	44	39	366
16:50 a 16:55	66	55	57	56	60	54	31	379
16:55 a 17:00	67	69	49	47	50	45	32	359
17:00 a 17:05	59	59	53	48	68	61	33	381
17:05 a 17:10	65	65	55	45	55	49	31	365
17:10 a 17:15	56	51	53	57	60	54	33	364
17:15 a 17:20	60	61	52	55	55	49	38	370
17:20 a 17:25	65	64	66	48	63	56	33	395
17:25 a 17:30	50	67	41	54	52	46	37	347
17:30 a 17:35	45	49	45	49	53	47	27	315

HORA	N° DE VEHÍCULOS MIXTOS/DIAS							TOTAL
	LUNES	MARTES	MIÉRCOES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO	
17:35 a 17:40	58	51	48	33	56	50	21	317
17:40 a 17:45	56	52	52	47	62	55	32	356
17:45 a 17:50	65	64	65	56	54	48	39	391
17:50 a 17:55	68	49	62	54	59	53	37	382
17:55 a 18:00	73	60	54	48	64	57	33	389
18:00 a 18:05	73	76	60	64	58	60	44	435
18:05 a 18:10	82	59	34	58	58	52	40	383
18:10 a 18:15	35	50	39	61	59	53	42	339
18:15 a 18:20	71	66	54	64	74	66	40	435
18:20 a 18:25	69	71	61	51	72	64	35	423
18:25 a 18:30	43	67	58	71	68	61	49	417
18:30 a 18:35	68	48	59	56	64	56	39	390
18:35 a 18:40	52	56	52	52	64	57	36	369
18:40 a 18:45	66	59	59	53	61	54	37	389
18:45 a 18:50	60	66	52	61	59	50	38	386
18:50 a 18:55	56	63	55	55	67	60	38	394
18:55 a 19:00	41	60	58	67	47	50	43	366
19:00 a 19:05	61	55	63	60	54	54	42	389
19:05 a 19:10	61	69	64	65	55	49	45	408
19:10 a 19:15	63	40	57	52	66	59	36	373
19:15 a 19:20	73	52	43	55	51	57	38	369
19:20 a 19:25	60	61	64	55	70	62	38	410
19:25 a 19:30	59	50	38	65	48	43	37	340
19:30 a 19:35	65	60	58	48	60	54	33	378
19:35 a 19:40	55	49	53	72	63	56	50	398
19:40 a 19:45	35	62	55	69	62	55	43	381
19:45 a 19:50	48	50	62	61	48	49	42	360
19:50 a 19:55	62	44	54	67	64	66	46	403
19:55 a 20:00	62	57	58	50	54	48	35	364
20:00 a 20:05	63	52	72	57	66	65	39	414
20:05 a 20:10	50	45	36	65	62	55	45	358
20:10 a 20:15	46	51	53	45	58	61	31	345
20:15 a 20:20	56	46	51	47	55	52	28	335
20:20 a 20:25	58	45	62	50	50	45	35	345
20:25 a 20:30	35	47	25	53	63	56	31	310
TOTAL	9675	9089	8874	8761	9773	8961	5824	60957

02.02. RESUMEN PUNTO DE AFORO VEHICULAR N° 02 (Jr. Amalia Puga y Dos de Mayo)

HORA		N° DE VEHÍCULOS MIXTOS/DIA							TOTAL
		LUNES	MARTES	MIÉRCOES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO	
6:30	a 6:35	16	18	16	15	6	13	7	91
6:35	a 6:40	18	18	15	22	19	18	10	120
6:40	a 6:45	40	29	21	20	20	19	17	166
6:45	a 6:50	29	25	35	23	31	22	15	180
6:50	a 6:55	33	32	33	22	29	18	19	186
6:55	a 7:00	38	43	37	47	29	45	25	264
7:00	a 7:05	47	46	42	41	52	38	27	293
7:05	a 7:10	41	48	59	63	73	59	28	371
7:10	a 7:15	64	64	43	68	66	61	38	404
7:15	a 7:20	79	86	89	73	81	65	51	524
7:20	a 7:25	86	76	72	86	78	82	45	525
7:25	a 7:30	76	78	76	59	85	64	41	479
7:30	a 7:35	79	78	72	80	81	79	46	515
7:35	a 7:40	70	71	80	76	77	75	42	491
7:40	a 7:45	68	81	72	79	83	81	48	512
7:45	a 7:50	72	68	74	62	64	63	40	443
7:50	a 7:55	75	78	67	62	90	65	46	483
7:55	a 8:00	72	72	74	79	73	81	43	494
8:00	a 8:05	71	76	75	65	79	65	45	476
8:05	a 8:10	73	72	53	74	85	65	43	465
8:10	a 8:15	71	68	69	62	85	68	40	463
8:15	a 8:20	57	65	58	66	70	66	39	421
8:20	a 8:25	54	60	60	56	81	61	36	408
8:25	a 8:30	68	62	69	56	81	61	37	434
8:30	a 8:35	78	49	68	61	72	67	29	424
8:35	a 8:40	53	56	57	71	72	69	33	411
8:40	a 8:45	50	74	72	53	90	58	44	441
8:45	a 8:50	80	67	66	57	75	62	40	447
8:50	a 8:55	58	60	55	66	64	72	36	411
8:55	a 9:00	70	64	65	61	84	67	38	449
9:00	a 9:05	51	51	57	51	48	56	30	344
9:05	a 9:10	57	61	59	56	56	61	36	386
9:10	a 9:15	61	52	60	49	54	53	31	360
9:15	a 9:20	70	62	68	60	74	66	37	437
9:20	a 9:25	61	58	59	54	63	59	34	388
9:25	a 9:30	61	52	59	52	61	57	25	367
9:30	a 9:35	56	53	56	48	54	52	31	350
9:35	a 9:40	42	35	45	37	48	40	21	268
9:40	a 9:45	66	55	62	54	67	59	33	396
9:45	a 9:50	58	53	50	48	58	52	31	350
9:50	a 9:55	63	55	65	50	57	55	33	378
9:55	a 10:00	57	52	54	45	42	49	31	330
10:00	a 10:05	45	47	66	48	68	52	28	354

HORA		N° DE VEHÍCULOS MIXTOS/DIA							TOTAL
		LUNES	MARTES	MIÉRCOES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO	
10:05	a 10:10	67	42	58	43	59	47	25	341
10:10	a 10:15	40	36	40	36	48	39	21	260
10:15	a 10:20	52	45	48	40	57	44	27	313
10:20	a 10:25	62	48	61	46	61	39	28	345
10:25	a 10:30	60	50	52	44	57	48	30	341
10:30	a 10:35	83	67	75	64	66	41	40	436
10:35	a 10:40	71	62	66	54	64	59	37	413
10:40	a 10:45	64	54	65	52	61	48	32	376
10:45	a 10:50	61	52	61	46	61	50	31	362
10:50	a 10:55	64	56	57	53	56	58	33	377
10:55	a 11:00	76	65	76	54	67	51	36	425
11:00	a 11:05	75	65	68	58	74	54	39	433
11:05	a 11:10	85	69	74	57	86	62	41	474
11:10	a 11:15	64	53	62	53	66	58	31	387
11:15	a 11:20	72	48	66	36	73	39	28	362
11:20	a 11:25	70	59	68	55	69	55	35	411
11:25	a 11:30	58	48	62	41	65	45	28	347
11:30	a 11:35	59	54	60	51	64	56	32	376
11:35	a 11:40	73	58	67	48	72	52	34	404
11:40	a 11:45	48	45	49	43	53	47	27	312
11:45	a 11:50	44	40	45	39	49	42	24	283
11:50	a 11:55	70	61	59	56	72	61	36	415
11:55	a 12:00	80	62	63	58	74	63	37	437
12:00	a 12:05	60	67	61	52	59	57	40	396
12:05	a 12:10	74	74	74	56	76	61	44	459
12:10	a 12:15	77	67	67	67	72	61	40	451
12:15	a 12:20	81	73	59	64	76	70	43	466
12:20	a 12:25	69	67	70	75	67	68	40	456
12:25	a 12:30	80	66	70	64	68	70	39	457
12:30	a 12:35	79	72	59	63	72	69	43	457
12:35	a 12:40	56	61	64	53	70	58	31	393
12:40	a 12:45	75	60	49	61	80	67	36	428
12:45	a 12:50	69	59	74	74	78	75	35	464
12:50	a 12:55	81	64	75	72	75	74	38	479
12:55	a 13:00	83	70	77	55	83	60	42	470
13:00	a 13:05	62	62	70	72	74	79	37	456
13:05	a 13:10	67	87	76	84	77	71	52	514
13:10	a 13:15	63	76	86	77	91	77	45	515
13:15	a 13:20	72	70	60	77	81	84	42	486
13:20	a 13:25	66	73	66	74	80	81	43	483
13:25	a 13:30	92	75	64	68	76	74	45	494
13:30	a 13:35	85	73	73	63	88	69	43	494
13:35	a 13:40	64	66	65	72	72	79	39	457
13:40	a 13:45	60	74	56	49	84	53	44	420
13:45	a 13:50	64	50	63	66	78	72	30	423
13:50	a 13:55	57	70	59	52	69	57	42	406
13:55	a 14:00	47	54	59	53	65	58	31	367
14:00	a 14:05	68	60	57	45	49	49	36	364
14:05	a 14:10	64	62	50	17	53	18	37	301
14:10	a 14:15	44	56	38	43	53	47	28	309

HORA	N° DE VEHÍCULOS MIXTOS/DIA							TOTAL
	LUNES	MARTES	MIÉRCOES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO	
14:15 a 14:20	64	56	50	70	53	77	33	403
14:20 a 14:25	60	63	53	52	65	57	37	387
14:25 a 14:30	44	51	58	57	60	49	30	349
14:30 a 14:35	62	56	65	54	60	59	33	389
14:35 a 14:40	50	46	50	40	52	44	27	309
14:40 a 14:45	52	49	45	46	55	50	29	326
14:45 a 14:50	54	46	60	40	55	44	27	326
14:50 a 14:55	71	63	65	58	66	54	37	414
14:55 a 15:00	73	58	70	52	72	57	34	416
15:00 a 15:05	55	63	56	60	57	66	37	394
15:05 a 15:10	69	50	69	43	70	47	30	378
15:10 a 15:15	45	62	51	56	53	61	37	365
15:15 a 15:20	59	45	62	48	64	52	27	357
15:20 a 15:25	83	76	69	65	83	71	45	492
15:25 a 15:30	85	52	77	49	84	53	31	431
15:30 a 15:35	68	71	67	59	64	64	42	435
15:35 a 15:40	73	77	65	81	85	72	46	499
15:40 a 15:45	66	66	55	63	70	69	39	428
15:45 a 15:50	64	81	74	69	86	75	48	497
15:50 a 15:55	68	73	70	53	69	58	43	434
15:55 a 16:00	77	74	61	56	86	61	44	459
16:00 a 16:05	83	76	62	66	98	72	45	502
16:05 a 16:10	77	76	67	57	74	62	41	454
16:10 a 16:15	65	76	65	46	68	50	45	415
16:15 a 16:20	62	57	70	52	66	57	34	398
16:20 a 16:25	79	87	66	86	71	71	52	512
16:25 a 16:30	73	67	69	74	77	67	38	465
16:30 a 16:35	65	67	73	50	64	55	40	414
16:35 a 16:40	64	78	66	54	65	59	46	432
16:40 a 16:45	67	69	60	55	62	60	41	414
16:45 a 16:50	76	78	76	73	72	59	46	480
16:50 a 16:55	77	87	74	76	78	57	52	501
16:55 a 17:00	59	55	68	52	56	57	33	380
17:00 a 17:05	88	71	80	71	73	63	42	488
17:05 a 17:10	65	62	66	59	68	58	37	415
17:10 a 17:15	66	61	77	54	56	59	36	409
17:15 a 17:20	78	65	73	56	68	61	39	440
17:20 a 17:25	58	55	67	52	50	57	33	372
17:25 a 17:30	71	66	75	51	77	56	39	435
17:30 a 17:35	55	50	63	45	54	49	30	346
17:35 a 17:40	76	70	74	44	73	48	42	427
17:40 a 17:45	63	54	65	57	64	62	32	397
17:45 a 17:50	76	66	73	50	71	55	39	430
17:50 a 17:55	79	73	75	63	85	69	43	487
17:55 a 18:00	77	69	77	64	81	55	41	464
18:00 a 18:05	77	77	65	74	65	69	41	468
18:05 a 18:10	72	78	61	62	80	68	46	467
18:10 a 18:15	73	60	57	82	56	74	36	438

HORA	N° DE VEHÍCULOS MIXTOS/DIA							TOTAL
	LUNES	MARTES	MIÉRCOES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO	
18:15 a 18:20	70	69	68	59	79	64	41	450
18:20 a 18:25	63	75	71	75	89	82	35	490
18:25 a 18:30	66	76	81	65	78	71	45	482
18:30 a 18:35	68	75	74	84	93	65	38	497
18:35 a 18:40	62	72	55	51	86	56	43	425
18:40 a 18:45	70	75	74	59	62	64	39	443
18:45 a 18:50	69	75	76	75	66	73	37	471
18:50 a 18:55	79	75	69	67	94	73	45	502
18:55 a 19:00	67	79	66	87	38	72	47	456
19:00 a 19:05	75	70	83	57	81	62	42	470
19:05 a 19:10	58	67	51	66	72	72	40	426
19:10 a 19:15	63	61	48	78	64	65	36	415
19:15 a 19:20	74	58	73	57	81	62	34	439
19:20 a 19:25	79	69	74	65	76	71	41	475
19:25 a 19:30	57	73	62	64	74	70	43	443
19:30 a 19:35	78	70	61	63	60	69	42	443
19:35 a 19:40	68	53	54	87	63	78	31	434
19:40 a 19:45	57	66	69	80	84	66	39	461
19:45 a 19:50	54	59	72	52	76	57	35	405
19:50 a 19:55	70	60	68	67	84	73	36	458
19:55 a 20:00	68	63	65	83	64	74	34	451
20:00 a 20:05	70	63	63	63	82	69	37	447
20:05 a 20:10	73	57	46	92	61	63	34	426
20:10 a 20:15	68	52	61	52	51	57	31	372
20:15 a 20:20	86	55	73	69	83	75	33	474
20:20 a 20:25	45	60	53	55	66	60	36	375
20:25 a 20:30	52	43	33	55	68	60	25	336
TOTAL	10963	10415	10546	9795	11421	10048	6110	69298

02.03. RESUMEN PUNTO DE AFORO VEHICULAR N° 03 (Jr. Amalia Puga y José Gálvez)

HORA		N° DE VEHÍCULOS MIXTOS/DIA							TOTAL
		LUNES	MARTES	MIERCOES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO	
6:30 a 6:35	9	14	17	11	15	14	8	88	
6:35 a 6:40	23	19	19	20	18	17	13	129	
6:40 a 6:45	25	27	22	14	12	21	10	131	
6:45 a 6:50	24	18	36	15	22	14	13	142	
6:50 a 6:55	24	25	32	30	40	23	18	192	
6:55 a 7:00	32	22	34	33	30	17	20	188	
7:00 a 7:05	22	41	45	46	43	32	28	257	
7:05 a 7:10	43	45	47	43	37	36	26	277	
7:10 a 7:15	40	50	53	71	51	40	43	348	
7:15 a 7:20	50	76	69	63	61	68	38	425	
7:20 a 7:25	70	84	61	82	59	67	49	472	
7:25 a 7:30	85	79	70	58	77	63	35	467	
7:30 a 7:35	60	72	63	78	75	57	47	452	
7:35 a 7:40	77	78	47	67	59	62	42	432	
7:40 a 7:45	54	57	53	67	61	45	40	377	
7:45 a 7:50	48	48	53	46	51	46	35	327	
7:50 a 7:55	56	48	51	46	56	43	28	328	
7:55 a 8:00	29	39	49	40	41	37	24	259	
8:00 a 8:05	57	51	52	55	46	48	33	342	
8:05 a 8:10	44	51	54	65	45	46	39	344	
8:10 a 8:15	46	45	42	48	47	36	29	293	
8:15 a 8:20	49	41	33	55	33	32	33	276	
8:20 a 8:25	40	56	51	34	37	44	27	289	
8:25 a 8:30	38	41	36	42	39	32	25	253	
8:30 a 8:35	40	39	47	38	34	31	23	252	
8:35 a 8:40	40	28	34	33	48	31	28	242	
8:40 a 8:45	41	44	48	51	36	35	31	286	
8:45 a 8:50	39	20	40	36	45	27	22	229	
8:50 a 8:55	41	45	31	33	36	36	28	250	
8:55 a 9:00	27	40	41	43	33	32	26	242	
9:00 a 9:05	34	17	35	27	32	36	24	205	
9:05 a 9:10	43	30	43	41	33	28	25	243	
9:10 a 9:15	28	38	30	29	26	30	26	207	
9:15 a 9:20	40	32	41	29	37	37	19	235	
9:20 a 9:25	34	29	34	29	27	29	24	206	
9:25 a 9:30	45	30	39	43	29	34	26	246	
9:30 a 9:35	38	32	41	33	36	31	20	231	
9:35 a 9:40	38	41	38	35	37	32	21	242	
9:40 a 9:45	46	36	34	26	30	28	27	227	
9:45 a 9:50	41	27	32	44	33	28	26	231	
9:50 a 9:55	46	30	38	32	31	29	19	225	
9:55 a 10:00	49	44	41	30	23	35	23	245	
10:00 a 10:05	47	40	38	34	31	41	20	251	

HORA	N° DE VEHÍCULOS MIXTOS/DIA								TOTAL
	LUNES	MARTES	MIERCOES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO		
10:05 a 10:10	55	40	48	41	38	32	25	279	
10:10 a 10:15	42	30	41	52	46	34	31	276	
10:15 a 10:20	61	49	28	29	35	39	25	266	
10:20 a 10:25	43	46	38	35	37	43	21	263	
10:25 a 10:30	37	45	43	39	37	36	23	260	
10:30 a 10:35	34	37	37	49	28	36	29	250	
10:35 a 10:40	54	47	56	44	44	37	26	308	
10:40 a 10:45	43	35	41	44	26	35	26	250	
10:45 a 10:50	39	35	40	41	31	36	25	247	
10:50 a 10:55	51	38	38	34	31	30	20	242	
10:55 a 11:00	39	56	33	44	35	44	26	277	
11:00 a 11:05	50	35	53	44	33	36	26	277	
11:05 a 11:10	45	43	38	38	31	34	23	252	
11:10 a 11:15	44	43	39	36	31	34	22	249	
11:15 a 11:20	38	35	37	35	29	28	21	223	
11:20 a 11:25	37	33	39	34	38	38	20	239	
11:25 a 11:30	38	35	42	34	40	35	20	244	
11:30 a 11:35	37	41	38	44	27	32	26	245	
11:35 a 11:40	36	45	21	27	33	36	27	225	
11:40 a 11:45	47	34	41	32	35	31	19	239	
11:45 a 11:50	24	41	48	42	25	32	25	237	
11:50 a 11:55	54	52	51	31	37	41	19	285	
11:55 a 12:00	52	33	41	49	52	32	29	288	
12:00 a 12:05	48	50	39	46	34	40	28	285	
12:05 a 12:10	43	43	60	48	41	34	29	298	
12:10 a 12:15	44	40	52	40	47	32	24	279	
12:15 a 12:20	50	43	48	39	46	38	23	287	
12:20 a 12:25	58	43	45	54	35	34	32	301	
12:25 a 12:30	41	34	42	33	44	29	20	243	
12:30 a 12:35	50	43	54	52	48	34	21	302	
12:35 a 12:40	60	53	45	51	49	42	31	331	
12:40 a 12:45	45	29	47	43	46	28	26	264	
12:45 a 12:50	48	38	41	40	30	30	24	251	
12:50 a 12:55	44	43	53	46	53	34	28	301	
12:55 a 13:00	51	45	42	37	43	36	22	276	
13:00 a 13:05	49	47	72	46	55	37	28	334	
13:05 a 13:10	55	47	63	58	55	37	35	350	
13:10 a 13:15	56	57	50	36	54	45	22	320	
13:15 a 13:20	49	40	59	56	58	32	34	328	
13:20 a 13:25	41	66	61	39	51	52	23	333	
13:25 a 13:30	42	53	54	54	52	42	32	329	
13:30 a 13:35	60	56	63	45	61	44	27	356	
13:35 a 13:40	56	63	53	54	59	50	32	367	
13:40 a 13:45	46	48	50	54	36	38	32	304	
13:45 a 13:50	50	47	50	47	56	37	28	315	
13:50 a 13:55	42	48	44	43	58	38	26	299	
13:55 a 14:00	42	39	42	44	51	31	26	275	
14:00 a 14:05	49	41	40	32	36	32	19	249	
14:05 a 14:10	49	51	47	37	31	40	22	277	
14:10 a 14:15	30	34	29	29	35	32	27	216	

HORA	N° DE VEHÍCULOS MIXTOS/DIA							TOTAL
	LUNES	MARTES	MIERCOES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO	
14:15 a 14:20	26	29	28	38	36	35	23	215
14:20 a 14:25	41	37	45	33	27	33	28	244
14:25 a 14:30	37	45	40	34	39	36	20	251
14:30 a 14:35	31	37	46	34	39	35	23	245
14:35 a 14:40	25	35	44	32	38	28	19	221
14:40 a 14:45	44	32	28	28	33	32	17	214
14:45 a 14:50	47	42	45	27	34	33	25	253
14:50 a 14:55	39	29	45	35	38	38	21	245
14:55 a 15:00	34	37	40	32	38	29	19	229
15:00 a 15:05	41	32	41	38	35	38	27	252
15:05 a 15:10	31	29	36	38	37	36	23	230
15:10 a 15:15	53	39	31	37	27	31	22	240
15:15 a 15:20	34	37	36	28	38	36	23	232
15:20 a 15:25	41	33	39	44	27	37	26	247
15:25 a 15:30	32	38	36	41	30	30	25	232
15:30 a 15:35	31	41	36	34	33	32	24	231
15:35 a 15:40	45	39	36	45	38	31	27	261
15:40 a 15:45	52	43	47	41	36	34	25	278
15:45 a 15:50	31	46	35	33	24	36	26	231
15:50 a 15:55	53	37	36	45	42	37	27	277
15:55 a 16:00	40	40	42	27	40	38	23	250
16:00 a 16:05	54	41	34	41	26	32	25	253
16:05 a 16:10	48	38	47	35	43	30	21	262
16:10 a 16:15	53	43	34	49	26	34	29	268
16:15 a 16:20	46	42	46	46	37	33	28	278
16:20 a 16:25	47	31	40	51	39	33	31	272
16:25 a 16:30	50	40	31	34	33	32	20	240
16:30 a 16:35	25	41	43	40	26	32	24	231
16:35 a 16:40	39	38	32	36	45	37	22	249
16:40 a 16:45	47	39	39	33	36	31	24	249
16:45 a 16:50	63	44	44	34	41	35	20	281
16:50 a 16:55	36	42	37	47	31	33	28	254
16:55 a 17:00	39	42	40	29	39	33	21	243
17:00 a 17:05	46	44	32	38	33	35	23	251
17:05 a 17:10	38	44	42	44	42	35	26	271
17:10 a 17:15	32	32	26	31	35	31	19	206
17:15 a 17:20	42	35	38	41	29	34	25	244
17:20 a 17:25	48	40	49	34	33	32	26	262
17:25 a 17:30	47	44	36	33	32	35	20	247
17:30 a 17:35	49	36	41	36	37	38	22	259
17:35 a 17:40	45	48	36	32	49	38	23	271
17:40 a 17:45	37	39	35	37	28	31	22	229
17:45 a 17:50	53	45	40	37	30	36	28	269
17:50 a 17:55	48	52	30	42	35	41	25	273
17:55 a 18:00	45	48	45	34	43	38	20	273
18:00 a 18:05	59	68	57	42	33	54	25	338
18:05 a 18:10	44	51	38	52	32	40	31	288
18:10 a 18:15	22	44	49	46	46	35	28	270

HORA	N° DE VEHÍCULOS MIXTOS/DIA								TOTAL
	LUNES	MARTES	MIERCOES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO		
18:15 a 18:20	48	43	46	44	53	34	26	294	
18:20 a 18:25	48	36	52	40	50	41	24	291	
18:25 a 18:30	47	47	59	51	45	37	31	317	
18:30 a 18:35	44	52	50	56	48	41	34	325	
18:35 a 18:40	49	42	44	65	47	33	34	314	
18:40 a 18:45	44	54	55	38	40	43	23	297	
18:45 a 18:50	49	41	40	44	35	39	26	274	
18:50 a 18:55	37	51	50	54	49	40	32	313	
18:55 a 19:00	53	43	51	42	26	34	25	274	
19:00 a 19:05	52	37	44	43	41	37	26	280	
19:05 a 19:10	54	48	63	42	42	38	25	312	
19:10 a 19:15	52	41	59	54	49	35	38	328	
19:15 a 19:20	58	67	57	44	38	53	26	343	
19:20 a 19:25	38	57	51	47	41	45	28	307	
19:25 a 19:30	68	63	49	41	39	48	25	333	
19:30 a 19:35	49	56	35	47	44	44	28	303	
19:35 a 19:40	53	48	45	50	45	38	30	309	
19:40 a 19:45	56	43	53	49	31	34	23	289	
19:45 a 19:50	41	36	47	48	44	36	29	281	
19:50 a 19:55	48	44	44	50	41	35	30	292	
19:55 a 20:00	55	48	38	44	50	38	26	299	
20:00 a 20:05	56	47	44	37	38	37	22	281	
20:05 a 20:10	32	46	54	40	66	36	24	298	
20:10 a 20:15	66	46	55	56	52	36	34	345	
20:15 a 20:20	42	53	44	43	47	42	28	299	
20:20 a 20:25	41	35	49	43	48	36	26	278	
20:25 a 20:30	40	44	40	42	48	35	25	274	
TOTAL	7430	7134	7281	6948	6640	6067	4333	45833	

02.04. CÁLCULO DE FACTOR DE HORA PUNTA DE LOS ACCESOS DE LAS INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

02.04.01. INTERSECCIÓN N° 01

- ACCESO N° 02 (NORTE)

FLUJO EN LA HORA PUNTA					
Periodo cada 5 min. 7:15 - 8:15 am	Flujo	Periodo cada 10 min. 7:15 - 8:15 am	Flujo	Periodo cada 15 min. 7:15 - 8:15 am	Flujo
7:15 a 7:20	22	7:15 a 7:25	41	7:15 a 7:30	56
7:20 a 7:25	19	7:25 a 7:35	28	7:30 a 7:45	46
7:25 a 7:30	15	7:35 a 7:45	33	7:45 a 8:00	50
7:30 a 7:35	13	7:45 a 7:55	38	8:00 a 8:15	46
7:35 a 7:40	15	7:55 a 8:05	27		
7:40 a 7:45	18	8:05 a 8:15	31		
7:45 a 7:50	21				
7:50 a 7:55	17				
7:55 a 8:00	12				
8:00 a 8:05	15				
8:05 a 8:10	12				
8:10 a 8:15	19				
Volumen 5 min	198	Volumen 10 min	198	Volumen 15 min	198
FHP 5 min	0.75	FHP 10 min	0.80	FHP 15 min	0.884

- ACCESO N° 03 (SUR)

FLUJO EN LA HORA PUNTA					
Periodo cada 5 min. 7:15 - 8:15 am	Flujo	Periodo cada 10 min. 7:15 - 8:15 am	Flujo	Periodo cada 15 min. 7:15 - 8:15 am	Flujo
7:15 a 7:20	25	7:15 a 7:25	43	7:15 a 7:30	65
7:20 a 7:25	18	7:25 a 7:35	40	7:30 a 7:45	55
7:25 a 7:30	22	7:35 a 7:45	37	7:45 a 8:00	52
7:30 a 7:35	18	7:45 a 7:55	35	8:00 a 8:15	42
7:35 a 7:40	24	7:55 a 8:05	31		
7:40 a 7:45	13	8:05 a 8:15	28		
7:45 a 7:50	17				
7:50 a 7:55	18				
7:55 a 8:00	17				
8:00 a 8:05	14				
8:05 a 8:10	16				
8:10 a 8:15	12				
Volumen 5 min	214	Volumen 10 min	214	Volumen 15 min	214
FHP 5 min	0.71	FHP 10 min	0.83	FHP 15 min	0.823

02.04.02. INTERSECCIÓN N° 02

- ACCESO N° 02 (NORTE)

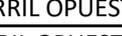
FLUJO EN LA HORA PUNTA								
Periodo cada 5 min.		Flujo	Periodo cada 10 min.		Flujo	Periodo cada 15 min.		Flujo
7:15 - 8:15 am			7:15 - 8:15 am			7:15 - 8:15 am		
7:15 a	7:20	42	7:15 a	7:25	77	7:15 a	7:30	108
7:20 a	7:25	35						
7:25 a	7:30	31	7:25 a	7:35	73			
7:30 a	7:35	42						
7:35 a	7:40	28	7:35 a	7:45	62	7:30 a	7:45	104
7:40 a	7:45	34						
7:45 a	7:50	35	7:45 a	7:55	73			
7:50 a	7:55	38				7:45 a	8:00	107
7:55 a	8:00	34	7:55 a	8:05	76			
8:00 a	8:05	42						
8:05 a	8:10	39	8:05 a	8:15	88	8:00 a	8:15	130
8:10 a	8:15	49						
Volumen 5 min		449	Volumen 10 min		449	Volumen 15 min		449
FHP 5 min		0.76	FHP 10 min		0.85	FHP 15 min		0.863

ANEXO 03
FORMATOS DE AFORO

03.01. FORMATO DE AFORO N° 01

AFORO DE TRAFICO VEHICULAR									
Avenida:			Fecha:						
Aforador:			Estación de conteo:						
Supervisor:			Hoja N°:						
HORA	AUTOMOVIL		CAMIONETA		COMBI	BUSES		CAMIONES	MOTOS
	AUTO	TAXI	CERRADA	ABIERTA	COMBI	MICROBUS	BUS	CAMION	MOTO LIN.
									
6:30	6:35								
6:35	6:40								
6:40	6:45								
6:45	6:50								
6:50	6:55								
6:55	7:00								
7:00	7:05								
7:05	7:10								
7:10	7:15								
7:15	7:20								
7:20	7:25								
7:25	7:30								
7:30	7:35								

03.02. FORMATO DE AFORO N° 02

FLUJO VEHICULAR EN LA HORA DE MAXIMA DEMANDA						
Avenida:				Fecha:		
Aforador:				Estación de conteo:		
Supervisor:				Hoja N°:		
CLASIFICACION	JIRON	DIRECCION	ACCESO N°			
			CARRIL 1		CARRIL 2	
			ROJO	VERDE	ROJO	VERDE
AUTO 		I				
		R				
		D				
TAXI 		I				
		R				
		D				
CAM. CERRADA 		I				
		R				
		D				
CAM ABIERTA 		I				
		R				
		D				
COMBI 		I				
		R				
		D				
MICROBUS 		I				
		R				
		D				
BUS 		I				
		R				
		D				
CAMION 		I				
		R				
		D				
MOTO 		I				
		R				
		D				
N° PEATONES CARRIL OPUESTO						
N° CICLISTAS CARRIL OPUESTO						
N° MANIOBRAS ESTACIONAMIENTO						

03.03. FORMATO DE AFORO N° 03: CONDICIONES SEMAFÓRICAS

ACCESO N°....	1° Medición		2° Medición		3° Medición		4° Medición	
Instante	Cronómetro	Intervalo (seg)						
Fin Verde								
Fin Ámbar								
Fin Rojo								

ACCESO N°....	5° Medición		6° Medición		7° Medición		8° Medición	
Instante	Cronómetro	Intervalo (seg)						
Fin Verde								
Fin Ámbar								
Fin Rojo								

ACCESO N°....	9° Medición		10° Medición	
Instante	Cronómetro	Intervalo (seg)	Cronómetro	Intervalo (seg)
Fin Verde				
Fin Ámbar				
Fin Rojo				

TOTAL CICLO SEMAFÓRICO DE LA INTERSECCIÓN N°	
---	--

ANEXO 04
PANEL FOTOGRAFICO



Fotografía N° 01: Se observa la toma de datos en la nivelación del eje de la vía



Fotografía N° 02: Se observa el aforo vehicular en la Intersección semaforizada N° 01



Fotografía N° 03: Se observa el cruce de peatones en los accesos de la Intersección semaforizada N° 01



Fotografía N° 04: Se observa el congestionamiento vehicular y peatonal generado por trabajos eléctricos en Intersección semaforizada N° 01



Fotografía N° 05: Se observa el aforo vehicular en la Intersección semaforizada N° 02



Fotografía N° 06: Se observa el cruce de peatones en la Intersección semaforizada N° 02



Fotografía N° 07: Se observa la espera de vehículos por causa del semáforo en el acceso N° 02 de la Intersección semaforizada N° 02



Fotografía N° 08: Se observa el aforo vehicular en la Intersección A del segmento analizado del Jr. Amalia Puga



Fotografía N° 09: Se observa la toma de medidas del acceso 01 en la intersección A del segmento analizado del Jr. Amalia Puga



Fotografía N° 10: Se observa la toma de medidas del acceso 2 en la intersección A del segmento analizado del Jr. Amalia Puga



Fotografía N° 11: Se observa la presencia de estacionamiento vehicular a lo largo de todo el segmento analizado del Jr. Amalia Puga



Fotografía N° 12: Se observa el aforo vehicular en la Intersección B del segmento analizado del Jr. Amalia Puga



Fotografía N° 13: Se observa la toma de medidas del acceso 01 en la intersección B del segmento analizado del Jr. Amalia Puga



Fotografía N° 14: Se observa la toma de medidas del acceso 02 en la intersección B del segmento analizado del Jr. Amalia Puga



Fotografía N° 15: Se observa el flujo vehicular en los accesos de la intersección B del segmento analizado del Jr. Amalia Puga



Fotografía N° 16: Se observa el carril designado para estacionamiento vehicular a lo largo de todo el segmento analizado del Jr. Amalia Puga

ANEXO 05

PENDIENTE DE LOS ACCESOS DE LAS INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

05.02. DETERMINACIÓN DE LA PENDIENTE EN LAS INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS ANALIZADAS

5.02.01. INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA N° 01

ACCESO N°	PUNTO	COTA (m.s.n.m.)	DESNIVEL (m)	DISTANCIA (m)	PENDIETE (%)	PENDIETE PARA ANÁLISIS (-1)(%)
1 (Oeste)	1 (Inicio)	2729.32	0	9.39	0.00	0.00
	2 (Final)	2729.32				
2 (Norte)	3 (Inicio)	2729.62	0.29	6.01	4.83	-4.82
	4 (Final)	2729.33				
3 (Sur)	5 (Inicio)	2728.45	-0.76	11.43	-6.65	6.65
	6 (Final)	2729.21				

5.02.02. INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA N° 02

ACCESO	PUNTO	COTA (m.s.n.m.)	DESNIVEL (m)	DISTANCIA (m)	PENDIETE (%)	PENDIETE PARA ANÁLISIS (-1)(%)
1 (Oeste)	1 (Inicio)	2727.98	0.09	20.02	0.45	-0.45
	2 (Final)	2727.89				
2 (Norte)	3 (Inicio)	2728.91	0.91	23.94	3.80	-3.80
	4 (Final)	2728.00				

ANEXO 06

PLANOS