

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

“OPTIMIZACIÓN DEL FLUJO VEHICULAR EN LA INTERSECCIÓN
VIAL DE LA AV. BOLOGNESI Y LA AV. GUSTAVO PINTO EN LA
CIUDAD DE TACNA”

PARA OPTAR:

TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

Bach. Ing. Carla Maricela Urbina Cantuta

Bach. Ing. Alexa Johana Torres Flores

TACNA – PERÚ

2018

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

“OPTIMIZACIÓN DEL FLUJO VEHICULAR EN LA INTERSECCIÓN VIAL DE LA AV. BOLOGNESI Y LA AV. GUSTAVO PINTO EN LA CIUDAD DE TACNA”

Tesis sustentada y aprobada el 05 de Abril del 2018; estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE: Ing. Pedro Valerio Maquera cruz

SECRETARIO: Ing. Luis Enrique Valle Castro

VOCAL: Ing. Martin Paucara Rojas

ASESOR: Ing. Rolando Salazar – Calderón Juárez



DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, Alexa Johana Torres Flores, en calidad de: Bachiller en Ingeniería Civil, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad Privada de Tacna, identificada con DNI 73004062.

Declaro bajo juramento que:

1. Soy autora de la tesis titulada:

“OPTIMIZACIÓN DEL FLUJO VEHICULAR EN LA INTERSECCIÓN VIAL DE LA AV. BOLOGNESI Y LA AV. GUSTAVO PINTO EN LA CIUDAD DE TACNA” la misma que presento para optar: TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL.

2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.

3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.

4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.

5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a LA UNIVERSIDAD cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a LA UNIVERSIDAD y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be "AJTF", written over a dotted line.

Tacna, Marzo del 2018

Alexa Johana Torres Flores

73004062



DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, Carla Maricela Urbina Cantuta, en calidad de: Bachiller en Ingeniería Civil, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad Privada de Tacna, identificada con DNI 71316791.

Declaro bajo juramento que:

1. Soy autora de la tesis titulada:

“OPTIMIZACIÓN DEL FLUJO VEHICULAR EN LA INTERSECCIÓN VIAL DE LA AV. BOLOGNESI Y LA AV. GUSTAVO PINTO EN LA CIUDAD DE TACNA” la misma que presento para optar: TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL.

2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.

3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.

4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.

5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a LA UNIVERSIDAD cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada.

En consecuencia, me hago responsable frente a LA UNIVERSIDAD y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, Marzo del 2018


.....
Carla Maricela Urbina Cantuta

71316791

DEDICATORIA

*A mis padres Carlos y Maricela
por el sacrificio que han realizado
a lo largo de toda mi vida en darme educación
y apoyarme incondicionalmente,
son mi motivación
y ejemplo a seguir.*

*A Dios quien es el que siempre guía mi camino,
el que me da fuerzas y saca lo mejor de mí.*

*A mis hermanas Ana y Fiorella
por darme alegrías y compañía,
por su apoyo motivacional a diario.*

*A mis abuelitos fallecidos y a mi abuelito vivo,
que los tengo presentes en mi corazón.*

Carla Maricela Urbina Cantuta.

*Dedico la presente tesis a Dios,
por darme la vida y haberme permitido
llegar hasta esta etapa tan esencial
en mi formación profesional.*

*A mis papás Felicia y Samuel
por ser siempre el soporte fundamental
en todo lo que soy y por su apoyo
incondicional en todo momento.*

*A mi hermano Jurguen
por siempre estar conmigo
en las buenas y malas, brindándome
consejos, su cariño y protección.*

*A mis perritos Chemy y Rufo
por la infinidad de sonrisas
que me sacan día a día.*

A cada uno de ustedes los amo con todo mi corazón.

Alexa Johana Torres Flores.

AGRADECIMIENTO

A NUESTROS PADRES, que siempre han sido un ejemplo para nosotras. Gracias a ellos estamos alcanzado nuestras metas con mucho orgullo. Les debemos un eterno agradecimiento y nuestra retribución total por su gran amor.

A DIOS, porque hasta ahora todo nos ha salido como lo habíamos planificado, seguimos con nuestras familias unidas y sabemos que a donde vayamos siempre contaremos con su protección y con su ayuda, aunque no se lo pidamos. Te amamos Señor y siempre estarás presente en nuestras vidas.

A LA UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA, nuestra alma máter por darnos una sólida formación académica y personal, durante el transcurso de la carrera profesional.

A NUESTRO ASESOR, Ing. Rolando Salazar - Calderón Juárez, por su apoyo constante brindado en la realización de esta tesis.

INDICE GENERAL

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN.....	3
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.1. Descripción del Problema.	4
1.2. Formulación del Problema.....	5
1.3. Justificación e importancia de la Investigación.	5
1.4. Objetivos.	8
1.5. Hipótesis.	9
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	10
2.1. Antecedentes de la investigación.....	10
2.2. Bases Teóricas	17
2.3. Definición de Términos	52
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	54
3.1. Tipo y diseño de la investigación.	54
3.2. Acciones y actividades.....	54
3.3. Materiales y/o instrumentos	56
3.4. Población y/o muestra de estudio	56
3.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	56
CAPÍTULO IV: GENERALIDADES.....	57
4.1. Ubicación.....	57
4.2. Antecedentes históricos.....	59
4.3. Zonificación	60
4.4. Datos importantes de la Ciudad de Tacna	62
4.5. Características geométricas de la intersección vial.....	68

CAPITULO V: COMPILACIÓN DE DATOS	77
5.1. Inspección visual	77
5.2. Forma de Registro de datos.....	77
5.3. Aforo Vehicular	79
5.4. Selección de Hora Pico.....	90
5.5. Tiempos de los semáforos	95
CAPITULO VI: PROCESAMIENTO DE DATOS Y ANÁLISIS.....	96
6.1. Análisis de la Hora Pico	96
6.2. Parámetros de análisis básicos	104
6.3. Simulación real con el programa Synchro 8.0.....	106
6.4. Simulación de Alternativas de Solución	151
CAPITULO VII: RESULTADOS.....	169
7.1. Grado de Saturación y Nivel de Servicio.....	169
7.2. Alternativas de solución	169
CAPITULO VIII: DISCUSION	173
PROPUESTAS DE MEJORA	177
PROPUESTA DE MEJORA 1	178
PROPUESTA DE MEJORA 2.....	184
PROPUESTA DE MEJORA 3.....	190
CONCLUSIONES	193
RECOMENDACIONES	195
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	196
ANEXOS.....	199
MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	298

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación y Codificación de Vías	21
Tabla 2: Clasificación de Vías Internacionales	21
Tabla 3: Clasificación de Vías Interregionales.....	22
Tabla 4: Clasificación de Vías Interprovinciales	22
Tabla 5: Vías Arteriales	22
Tabla 6: Ancho de carriles.....	27
Tabla 7: Factor de ajuste por utilización de carriles.....	34
Tabla 8: Nivel de Servicio.....	45
Tabla 9: Aceptable tráfico crítico Percentil de Ciclo Largo.....	49
Tabla 10: Coordenadas UTM de la intersección vial.	58
Tabla 11: Crecimiento Poblacional de la Ciudad de Tacna	62
Tabla 12: Ejes de Integración y Articulación Funcional	63
Tabla 13: Intersecciones Viales Críticas según Tipo de Transporte	64
Tabla 14: Parque Automotor en Circulación a Nivel Nacional, según Departamento... 65	
Tabla 15: Unidades Vehiculares Servicio de Taxi-2012.....	66
Tabla 16: Servicio de Transporte Público de Microbuses - 2011	67
Tabla 17: Servicio de Transporte Público de Combis - 2011	67
Tabla 18: Total de Movimientos de la Intersección.....	97
Tabla 19: Volumen máximo de vehículos durante 15 minutos de flujo vehicular	100
Tabla 20: Vehículos por hora	101
Tabla 21: Porcentaje de vehículos pesados por acceso.....	102
Tabla 22: Vehículos de transporte público que paran por acceso	103
Tabla 23: Número de peatones por hora.....	103
Tabla 24: Número de bicicletas por hora.....	103
Tabla 25: Parámetros de análisis básicos	104
Tabla 26: Situación Real	169
Tabla 27: Optimización de tiempos de semáforos.....	169
Tabla 28: Paso a desnivel	169
Tabla 29: Aumento de carriles opción 1	170
Tabla 30: Aumento de carriles opción 2	170
Tabla 31: Paso a desnivel, aumento de carriles opción 1 y optimización de semáforos	171

Tabla 32: Cambio a 2 fases	171
Tabla 33: Cambio a 2 fases y aumento de carriles opción 1	172
Tabla 34: Alternativas de solución.....	172

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación de la zona de estudio.	4
Figura 2: Ubicación de la zona en estudio (3 intersecciones). Tesis: Propuesta de mejora de los niveles de servicio para mitigar la congestión vehicular en las intersecciones de la Av. Rafael Escardo comprendida entre las Avenidas Costanera, La Paz y La Libertad, Lima – San Miguel (González & Rey., 2016).	14
Figura 3: Gráfico de ubicación de las 2 intersecciones. Tesis Propuesta de mejora de niveles de servicio en dos intersecciones (Reyna, 2015).....	15
Figura 4: Congestión en el óvalo central. Tesis: SOLUCIÓN VIAL DE LA AV. PRIMAVERA COMPRENDIDA ENTRE LAS AVENIDAS LA ENCALADA Y JOSÉ NICOLÁS RODRIGO, LIMA-LIMA-SURCO. (Núñez y Villanueva, 2014).	16
Figura 5: Intersección vial clásica de 4 entradas.....	17
Figura 6: Descripción de los modelos de simulación de tránsito.	28
Figura 7: Codificación Nema establecida por el National Electric Manufacturers Association.	40
Figura 8: Tipos de soporte de un semáforo.....	46
Figura 9: Cabeza de semáforo.....	47
Figura 10: Fases clásicas para una intersección común de cuatro entradas – 2 fases	48
Figura 11: Fases clásicas para una intersección común de cuatro entradas – 4 fases	48
Figura 12: Marcas en el pavimento	51
Figura 13: Ubicación de la zona de estudio	57
Figura 14: Accesos de entrada a la intersección.....	58
Figura 15: Clasificación de Uso de suelos según Municipalidad Provincial de Tacna.	60
Figura 16: Zonificación de la zona de estudio.	61
Figura 17: Tendencias de Crecimiento 1981 - 2013.....	63
Figura 18: Plano de Intersecciones viales críticas de la ciudad de Tacna.....	64
Figura 19: Vista en planta de la intersección vial	68

Figura 20: Acceso Noroeste en Google Maps (Octubre 2014).....	69
Figura 21: Sección Vial del Acceso Noroeste (Av. Gustavo Pinto).....	70
Figura 22: Pendiente promedio del Acceso Noroeste (Av. Gustavo Pinto).....	70
Figura 23: Acceso Suroeste en Google Maps (Octubre 2014).....	71
Figura 24: Sección Vial del Acceso Suroeste (Av. Bolognesi).....	72
Figura 25: Pendiente promedio del Acceso Suroeste (Av. Bolognesi).....	72
Figura 26: Acceso Sureste en Google Maps (Oct. 2014).....	73
Figura 27: Sección Vial del Acceso Sureste (Av. Gustavo Pinto).....	74
Figura 28: Pendiente promedio del Acceso Sureste (Av. Gustavo Pinto).....	74
Figura 29: Acceso Noreste en Google Maps (Oct. 2014).....	75
Figura 30: Ubicación del Paradero en el Acceso Noreste.....	75
Figura 31: Sección Vial del Acceso Suroeste (Av. Bolognesi).....	76
Figura 32: Pendiente promedio del Acceso Noreste (Av. Bolognesi).....	76
Figura 33: Formato utilizado para el conteo vehicular de la intersección.	78
Figura 34: Flujo vehicular total por intervalos de hora del día sábado 09/12/2017.	80
Figura 35: Flujo vehicular total por intervalos de hora del día domingo 10/12/2017. ...	81
Figura 36: Flujo vehicular total por intervalos de hora del día lunes 11/12/2017.	82
Figura 37: Flujo vehicular total por intervalos de hora del día martes 12/12/2017.	83
Figura 38 : Flujo vehicular total por intervalos de hora del día miércoles 13/12/2017..	84
Figura 39: Flujo vehicular total por intervalos de hora del día jueves 14/12/2017.....	85
Figura 40: Flujo vehicular total por intervalos de hora del día viernes 15/12/2017.	86
Figura 41: Variación de volúmenes vehiculares por periodo de 15 minutos del día sábado 09/12/17.	87
Figura 42: Variación de volúmenes vehiculares por periodo de 15 minutos del día domingo 10/12/17.	87
Figura 43: Variación de volúmenes vehiculares por periodo de 15 minutos del día lunes 11/12/17.	88
Figura 44: Variación de volúmenes vehiculares por periodo de 15 minutos del día martes 12/12/17.	88
Figura 45: Variación de volúmenes vehiculares por periodo de 15 minutos del día miércoles 13/12/17.	89
Figura 46: Variación de volúmenes vehiculares por periodo de 15 minutos del día jueves 14/12/17.	89

Figura 47: Variación de volúmenes vehiculares por periodo de 15 minutos del día viernes 15/12/17.	90
Figura 48: Variación de volúmenes vehiculares por periodo de 15 minutos de la hora pico correspondiente al día sábado 09/12/17.....	91
Figura 49: Variación de volúmenes vehiculares por periodo de 15 minutos de la hora pico correspondiente al día domingo 10/12/17.....	92
Figura 50: Variación de volúmenes vehiculares por periodo de 15 minutos de la hora pico correspondiente al día lunes 11/12/17.....	92
Figura 51: Variación de volúmenes vehiculares por periodo de 15 minutos de la hora pico correspondiente al día martes 12/12/17.	93
Figura 52: Variación de volúmenes vehiculares por periodo de 15 minutos de la hora pico correspondiente al día miércoles 13/12/17.	93
Figura 53: Variación de volúmenes vehiculares por periodo de 15 minutos de la hora pico correspondiente al día jueves 14/12/17.....	94
Figura 54: Variación de volúmenes vehiculares por periodo de 15 minutos de la hora pico correspondiente al día viernes 15/12/17.....	94
Figura 55: Tiempo de los Semáforos	95
Figura 56: Movimientos identificados en cada acceso	96
Figura 57: Flujograma del Volumen horario de máxima demanda - VHMD.....	101
Figura 58: Pantalla principal del programa Synchro 8.0.....	106
Figura 59: Forma de insertar imagen satelital en el programa Synchro 8.0.....	107
Figura 60: Coordenadas de la intersección en el programa Synchro 8.0	107
Figura 61: Imagen satelital insertada en el programa Synchro 8.0.....	108
Figura 62: Trazo de vías Av. Bolognesi y Av. Gustavo Pinto	108
Figura 63: Curvas en Av. Bolognesi.....	109
Figura 64: Curvas en Av. Gustavo Pinto.	109
Figura 65: Simulación real de la intersección.....	109
Figura 66: Nombre de la vía Este y Oeste: Av. Bolognesi.....	110
Figura 67: Nombre de la vía Norte y Sur: Av. Gustavo Pinto.....	110
Figura 68: Nombre de las vías en la intersección.....	111
Figura 69: Acceso Este: 3 carriles: uno compartido defrente e izquierda, el otro de frente, y el tercer carril compartido de frente y derecha.	111
Figura 70: Acceso Oeste: 2 carriles: uno compartido izquierda y de frente, y el otro compartido de frente y derecha.	112

Figura 71: Acceso Norte: 1 carril compartido izquierda, de frente y derecha.....	112
Figura 72: Acceso Sur: 2 carriles compartidos uno izquierda y de frente, el otro derecha y defrente.....	112
Figura 73: Grupo de carriles de entrada con sus respectivos giros en la intersección.	113
Figura 74: Flujos vehiculares en el acceso Este según su movimiento en la entrada a la intersección.	113
Figura 75: Flujos vehiculares en el acceso Oeste según su movimiento en la entrada a la intersección.....	114
Figura 76: Flujos vehiculares en el acceso Norte según su movimiento en la entrada a la intersección.....	114
Figura 77: Flujos vehiculares en el acceso Sur según su movimiento en la entrada a la intersección.	114
Figura 78: Flujos vehiculares por acceso y sentido de movimiento en la intersección.	115
Figura 79: Distancia de los 4 accesos a la intersección.	115
Figura 80: Velocidad de aproximación de los vehículos por acceso a la intersección.	116
Figura 81: Tiempos de viaje por cada acceso de la intersección.	117
Figura 82: Flujo de saturación ideal básico recomendado por el HCM 2010.....	117
Figura 83: Ancho de carriles de entrada al acceso Este.	118
Figura 84: Ancho de carriles de entrada al acceso Oeste.....	118
Figura 85: Ancho de carril de entrada al acceso Norte.....	118
Figura 86: Ancho de carril de entrada al acceso Sur.....	119
Figura 87: Pendiente de aproximación del acceso Este y Oeste hacia la intersección.	119
Figura 88: Pendiente de aproximación del acceso Norte y Sur hacia la intersección.....	120
Figura 89: La intersección no se encuentra en el centro de la ciudad.....	120
Figura 90: Longitud de carril compartido con giro a la derecha en el acceso Este. ...	121
Figura 91: Carril de giro a la derecha con semáforo.	122
Figura 92: Cálculos de los factores que afectan el flujo de saturación realizados por el programa Synchro 8.0 basados en el Manual HCM 2010.	122
Figura 93: Cuadro “Lane Settings” del programa Synchro 8.0.	123
Figura 94: Número de peatones por hora que cruzan el acceso Este.....	124

Figura 95: Número de peatones por hora que cruzan el acceso Oeste.....	124
Figura 96: Número de peatones por hora que cruzan el acceso Norte.	125
Figura 97: Número de peatones por hora que cruzan el acceso Sur.....	125
Figura 98: Cantidad de bicicletas en la hora que presentan conflicto con los giros a la derecha en el acceso Este.....	125
Figura 99: Cantidad de bicicletas en la hora que presentan conflicto con los giros a la derecha en el acceso Oeste.	126
Figura 100: Cantidad de bicicletas en la hora que presentan conflicto con los giros a la derecha en el acceso Norte.	126
Figura 101: Cantidad de bicicletas en la hora que presentan conflicto con los giros a la derecha en el acceso Sur.	126
Figura 102: Factor de hora pico recomendado por el HCM 2010.....	127
Figura 103: Factor de crecimiento para el análisis actual de la intersección.	127
Figura 104: Porcentaje de vehículos pesados por movimiento en el acceso Este.....	128
Figura 105: Porcentaje de vehículos pesados por movimiento en el acceso Oeste. .	128
Figura 106: Porcentaje de vehículos pesados por movimiento en el acceso Norte. ...	128
Figura 107: Porcentaje de vehículos pesados por movimiento en el acceso Sur.	129
Figura 108: Número de autobuses que paran y bloquean el tráfico en el acceso Este.	129
Figura 109: Número de autobuses que paran y bloquean el tráfico en el acceso Oeste.	129
Figura 110: Número de autobuses que paran y bloquean el tráfico en el acceso Norte.	130
Figura 111: Número de autobuses que paran y bloquean el tráfico en el acceso Sur.	130
Figura 112: Número de estacionamiento y maniobras de parqueo que afecten los carriles en cada acceso.	131
Figura 113: Flujo vehicular ajustado por cada movimiento en su respectivo acceso.	131
Figura 114: Combinación de flujos ajustados y tráfico de carriles compartidos por cada acceso.	132
Figura 115: Cuadro “Volume Settings” del programa Synchro 8.0	132
Figura 116: Nivel de protección para el giro a la izquierda y giro a la derecha en el acceso Este.	133

Figura 117: Nivel de protección para el giro a la izquierda y giro a la derecha en el acceso Oeste.....	133
Figura 118: Nivel de protección para el giro a la izquierda y giro a la derecha en el acceso Norte.....	133
Figura 119: Nivel de protección para el giro a la izquierda y giro a la derecha en el acceso Sur.....	134
Figura 120: Asignación de codificación de fases de los semáforos en el acceso Este.	134
Figura 121: Asignación de codificación de fases de los semáforos en el acceso Oeste.	134
Figura 122: Asignación de codificación de fases de los semáforos en el acceso Norte.	135
Figura 123: Asignación de codificación de fases de los semáforos en el acceso Sur.	135
Figura 124: Semáforos actuados por el tráfico en la intersección.	135
Figura 125: Tiempo verde inicial mínimo en el semáforo del acceso Este.	136
Figura 126: Tiempo verde inicial mínimo en el semáforo del acceso Oeste.	136
Figura 127: Tiempo verde inicial mínimo en el semáforo del acceso Norte.	136
Figura 128: Tiempo verde inicial mínimo en el semáforo del acceso Sur.	137
Figura 129: Tiempo más corto permitido para una fase en el acceso Este.	137
Figura 130: Tiempo más corto permitido para una fase en el acceso Oeste.	137
Figura 131: Tiempo más corto permitido para una fase en el acceso Norte.	138
Figura 132: Tiempo más corto permitido para una fase en el acceso Sur.	138
Figura 133: Tiempo total de duración de la fase en el acceso Este.....	138
Figura 134: Tiempo total de duración de la fase en el acceso Oeste.	139
Figura 135: Tiempo total de duración de la fase en el acceso Norte.	139
Figura 136: Tiempo total de duración de la fase en el acceso Sur.	139
Figura 137: Tiempo en amarillo del semáforo por cada acceso.	140
Figura 138: Tiempo de todo rojo de los semáforos de la intersección.....	141
Figura 139: Modo de llamada a cada fase de los semáforos de la intersección.	142
Figura 140: Resultados de la configuración de Timing Settings en el programa Synchro 8.0 en base al manual HCM 2010.....	143
Figura 141: Cuadro Timing Settings del programa Synchro 8.0.....	143
Figura 142: Número de nodo asignado por el programa Synchro 8.0.	144

Figura 143: Zona en la que se encuentra la intersección.	144
Figura 144: Coordenadas de la ubicación de la intersección.	144
Figura 145: Tipo de control de los semáforos en la intersección.....	145
Figura 146: Longitud del ciclo semaforico en la intersección.....	145
Figura 147: Resultados de la configuración de “Node Settings” en el programa Synchro 8.0 en base al manual HCM 2010.....	146
Figura 148: Cuadro “Node Settings” del programa Synchro 8.0.....	146
Figura 149: Volúmenes vehiculares por acceso en la intersección.	147
Figura 150: Carriles por acceso en la intersección.....	147
Figura 151: Niveles de servicio por acceso en la intersección.	148
Figura 152: Nivel de servicio en la intersección.	148
Figura 153: Fases de los semáforos en la intersección.....	149
Figura 154: Simulación del tráfico actual en 2D.	149
Figura 155: Simulación del tráfico actual en 3D	150
Figura 156: Cuadro de Timings Settings modificado con Optimización de tiempos de semáforos.....	151
Figura 157: Niveles de servicio por acceso y nivel de servicio de la intersección con Optimización de tiempos de semáforos.	152
Figura 158: Resultados obtenidos con Optimización de tiempos de semáforos.....	152
Figura 159: Cuadro de “Lane Settings” modificado con Paso a denivel en acceso Este y Oeste.....	153
Figura 160: Niveles de servicio por acceso y nivel de servicio de la intersección con el Paso a desnivel en el acceso Este y Oeste.	154
Figura 161: Resultados obtenidos con el Paso a desnivel en acceso Este y Oeste. .	154
Figura 162: Aumento de carriles compartidos opción 1 en acceso Norte.....	155
Figura 163: Aumento de carriles compartidos opción 1 en acceso Sur.....	155
Figura 164: Cambio de carril de 27 m a carril completo en acceso Este.	156
Figura 165: Cuadro de “Lane Settings” modificado con aumento de carriles opción 1.	156
Figura 166: Niveles de servicio por acceso y nivel de servicio de la intersección con el aumento de carriles opción 1.....	157
Figura 167: Resultados obtenidos con el aumento de carriles opción 1	157
Figura 168: Aumento de carriles compartidos opción 2 en acceso Norte.....	158
Figura 169: Aumento de carriles compartidos opción 2 en acceso Sur.....	158

Figura 170: Aumento de carriles compartidos opción 2 en acceso Este.	159
Figura 171: Cuadro de “Lane Settings” modificado con aumento de carriles opción 2.	159
Figura 172: Niveles de servicio por acceso y nivel de servicio de la intersección con el aumento de carriles opción 2.	160
Figura 173: Resultados obtenidos con el aumento de carriles opción 2.	160
Figura 174: Cuadro de “Lane Settings” modificado con el Paso a desnivel, aumento de carriles opción 1 y optimización de semáforos.	161
Figura 175: Optimización de tiempos de verde en los semáforos de la intersección.	162
Figura 176: Cuadro de Timings Settings modificado con el Paso a desnivel, aumento de carriles opción 1 y optimización de semáforos.	162
Figura 177: Niveles de servicio por acceso y nivel de servicio de la intersección con el Paso a desnivel, aumento de carriles opción 1 y optimización de semáforos.	163
Figura 178: Resultados obtenidos con el con el Paso a desnivel, aumento de carriles opción 1 y optimización de semáforos.	163
Figura 179: Cambio de 4 fases a 2 fases semafóricas en la intersección.	164
Figura 180: Fases semafóricas según codificación Nema.	164
Figura 181: Prohibición de giro a la izquierda en los cuatro accesos de la intersección.	165
Figura 182: Cuadro de “Timings Settings” modificado con Cambio a 2 fases.	165
Figura 183: Niveles de servicio por acceso y nivel de servicio de la intersección con el Cambio a 2 fases.	166
Figura 184: Resultados obtenidos con el Cambio a 2 fases.	166
Figura 185: Prohibición de giro a la izquierda en los cuatro accesos de la intersección.	167
Figura 186: Cuadro de “Lane Settings” modificado con el Cambio a 2 fases y aumento de carriles opción 1.	167
Figura 187: Niveles de servicio por acceso y nivel de servicio de la intersección con el Cambio a 2 fases y aumento de carriles opción 1.	168
Figura 188: Resultados obtenidos con el Cambio a 2 fases y aumento de carriles opción 1.	168
Figura 189: Croquis del paso a desnivel por debajo de la Alameda en la Av. Bolognesi y aumento de carriles en Av. Gustavo Pinto según propuesta de mejora 1.	179

Figura 190: Flujograma de los movimientos vehiculares en la intersección según propuesta de mejora 1.....	180
Figura 191: Carriles por debajo de la alameda de la Av. Bolognesi para el flujo de frente de paso libre sin semaforización según propuesta de mejora 1.....	181
Figura 192: Flujograma vehicular en el acceso Noreste fase 1 según la propuesta de mejora 1.	182
Figura 193: Flujograma vehicular en el acceso Suroeste fase 2 según la propuesta de mejora 1.	182
Figura 194: Flujograma vehicular en el acceso Sureste fase 3 según la propuesta de mejora 1.	183
Figura 195: Flujograma vehicular en el acceso Noroeste fase 4 según la propuesta de mejora 1.	183
Figura 196: Croquis de cambio de 4 fases a 2 fases semafóricas en la intersección según la propuesta de mejora 3.	184
Figura 197: Nuevo recorrido de los vehículos que quieran girar a la izquierda en el acceso Noroeste.....	185
Figura 198: Vehículos del acceso Noroeste girando por la calle Universidad para llegar a sus destinos.....	185
Figura 199: Nuevo recorrido de los vehículos que quieran girar a la izquierda en el acceso Suroeste.....	186
Figura 200: Vehículos del acceso Suroeste girando por la calle Piura para llegar a sus destinos.	186
Figura 201: Nuevo recorrido de los vehículos que quieran girar a la izquierda en el acceso Sureste.....	187
Figura 202: Vehículos del acceso Sureste girando por la av. Leguía para llegar a sus destinos.	187
Figura 203: Nuevo recorrido de los vehículos que quieran girar a la izquierda en el acceso Noreste.....	188
Figura 204: Vehículos del acceso Noreste girando por intermedio de la alameda para llegar a sus destinos.	188
Figura 205: Paso de flujos vehiculares de accesos Suroeste y Noreste en la fase 1 según propuesta de mejora 2.....	189
Figura 206: Paso de flujos vehiculares de accesos Sureste y Noroeste en la fase 2 según propuesta de mejora 2.....	189

Figura 207: Eliminación de bermas en el acceso Sureste debido al aumento de carriles según propuesta de mejora 3.	190
Figura 208: Expropiación en el acceso Noroeste debido al aumento de carriles según propuesta de mejora 3.	191
Figura 209: Eliminación de sardineles y estacionamiento en el acceso Suroeste para ampliar la longitud del tercer carril según propuesta de mejora 3.	191
Figura 210: Paso de flujos vehiculares de accesos Sureste y Noroeste en la fase 2 según propuesta de mejora 3.	192
Figura 211: Paso de flujos vehiculares de accesos Suroeste y Noreste en la fase 1 según propuesta de mejora 3.	192

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Panel Fotográfico de la zona de estudio.....	199
Anexo 2: Conteos o aforos vehiculares.....	206
Anexo 3: Planos.....	291
Anexo 4: Información de la Municipalidad Provincial de Tacna.....	295

RESUMEN

La presente tesis titulada “*Optimización del flujo vehicular en la Intersección vial de la Av. Bolognesi y la Av. Gustavo Pinto en la ciudad de Tacna*” consiste en hacer un análisis de las condiciones actuales que se generan debido a la congestión vehicular en la intersección de las dos avenidas principales arteriales en estudio que se dan en horas pico, provocándose un flujo vehicular lento, por ello la finalidad del presente estudio es la de optimizar el comportamiento del flujo vehicular con la presentación de propuestas de solución que mejoren el nivel de servicio actual y que disminuya en la zona de estudio la congestión vehicular existente. Para ello éste trabajo está constituido por los ocho capítulos que se muestran a continuación:

El primer capítulo presenta una breve descripción y formulación del problema, justificación e importancia de la investigación realizada, objetivos e hipótesis planteadas. El segundo capítulo contiene el marco teórico, el cual son los conceptos y bases teóricas que sirven para una mejor comprensión de la tesis. El tercer capítulo trata del marco metodológico que hace referencia al tipo y diseño de la investigación, la descripción de las técnicas e instrumentos para la recolección de datos, basada principalmente en el Manual de Capacidad de Carreteras (HCM 2010). El cuarto capítulo hace referencia a generalidades de la intersección vial como ubicación, antecedentes históricos, zonificación y características geométricas, siendo de importancia conocerlas para un mejor análisis e interpretación de datos posteriormente. En el quinto capítulo se muestra la compilación de datos recolectados en campo de la investigación empezando con la inspección visual, luego la forma de registro de datos, el conteo vehicular, selección de la hora pico y tiempos de semáforos. El sexto capítulo contiene el procesamiento de datos y análisis, comenzando por el análisis de la hora pico, luego la simulación real con el programa Synchro 8.0 para determinar el nivel de servicio actual y finalmente la simulación de las alternativas de solución planteadas para mejorar este nivel de servicio. El séptimo capítulo muestra los resultados de la simulación real del tráfico actual como son el grado de saturación y el nivel de servicio, también se presenta los resultados de la simulación de las alternativas de solución planteadas. El octavo capítulo contiene la discusión final de los resultados obtenidos del capítulo anterior, haciendo finalmente la elección de las propuestas de solución para mejorar el nivel de servicio actual.

Palabras claves: optimización, flujo vehicular, grado de saturación, nivel de servicio, conteo vehicular, hora pico, simulación, intersección vial, congestión, tráfico.

ABSTRACT

The present thesis entitled "Optimization of the vehicular flow in the road intersection of Av. Bolognesi and Av. Gustavo Pinto in the city of Tacna" is to make an analysis of the current conditions that is generated due to traffic congestion at the intersection of the two main arterial avenues under study, in peak hours, causing a slow vehicular flow, for that reason the purpose of the present study is to optimize the behavior of the vehicular flow with the presentation of solution proposals that improve the current level of service and that the existing traffic congestion decreases in the study area. For this, this work is constituted by the eight chapters shown below:

The first chapter presents a brief description and formulation of the problem, justification and importance of the research carried out, objectives and hypotheses. The second chapter contains the theoretical framework which are the concepts and theoretical bases that serve for a better understanding of the thesis. The third chapter deals with the methodological framework that refers to the type and design of the research, the description of the techniques and instruments for data collection, based mainly on the Highway Capacity Manual (HCM 2010). The fourth chapter refers to generalities of the road intersection such as location, historical background, zoning and geometric characteristics, being important to know them for a better analysis and interpretation of data later. The fifth chapter shows the compilation of data collected in the field of research starting with visual inspection, then the form of data recording, vehicle counting, selection of peak time and semaphore times. The sixth chapter contains the data processing and analysis, starting with the analysis of the peak hour, then the real simulation with the Synchro 8.0 program to determine the current service level and finally the simulation of the solution alternatives proposed to improve this level of service. The seventh chapter shows the results of the actual simulation of the current traffic, such as the degree of saturation and the level of service, and also presents the results of the simulation of the solution alternatives proposed. The eighth chapter contains the final discussion of the results obtained from the previous chapter, finally making the choice of solution proposals to improve the current level of service.

Keywords: optimization, vehicular flow, degree of saturation, service level, vehicle count, peak time, simulation, road intersection, congestion, traffic.

INTRODUCCIÓN

El aumento notorio de la demanda vehicular en la última década debido al desarrollo económico del país ha ocasionado problemas y dificultades que tienen las personas al momento de transitar por las calles en las diversas ciudades del ámbito nacional.

Este dilema no es indiferente a la ciudad de Tacna, donde los embotellamientos vehiculares son ya una costumbre para los habitantes. En intersecciones sobre todo de avenidas principales, la infraestructura vial es deficiente en lo concerniente al diseño, a la semaforización, así como también a las señales de tránsito, etc. Por estas razones, uno de los propósitos principales de esta tesis es el de elaborar un estudio vial correcto, construyendo una simulación del tráfico actual para poder hacer un análisis global sobre el nivel de servicio que ofrece la intersección vial de la Av. Bolognesi con Av. Gustavo Pinto, ya que se tratan de vías principales arteriales en las que se está presentando este problema de congestión vehicular y poder así ver medidas que la mitiguen como propuesta de mejoras estudiadas y analizadas que validan su aplicación.

La congestión es un problema considerado como caso crítico, que para mantenerlo controlado y poder garantizar niveles de servicio adecuados, se debe planificar una mejor infraestructura vial, gestión del tráfico y el mejoramiento de hábitos de conducción. Por lo tanto, el mantenimiento de las vías e incluso su ensanchamiento son medidas con gran potencial útil, siempre que estén asociadas a otras que impidan su pronta invalidez.

Puede esperarse mejores resultados de la intervención progresiva y simultánea en una gran serie de aspectos que integran el sistema de transporte: una adecuada conservación y demarcación de las calles, el mejoramiento de los hábitos de conducción, la coordinación de los tiempos del semáforo, la distribución del transporte público, el mayor énfasis de los volúmenes altos de tráfico producidos por el crecimiento poblacional, entre otros aspectos. Debe tenerse en cuenta que el uso de una medida puede afectar en otras formas a la circulación vehicular, lo cual se debe adelantar para evitar efectos negativos. Es decir, para ampliar la capacidad se necesita poner en práctica medidas factibles a través del mejoramiento de la productividad y la gestión de la infraestructura actual.

OPTIMIZACIÓN DEL FLUJO VEHICULAR EN LA INTERSECCIÓN VIAL DE LA AV. BOLOGNESI Y LA AV. GUSTAVO PINTO EN LA CIUDAD DE TACNA.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del Problema.

Mediante el pasar de los años es más claro el problema del tráfico en la ciudad de Tacna. Esto debido a la sobrepoblación y al hecho que más de una persona dentro de una misma familia desea poseer un vehículo propio, lo cual genera no sólo congestión vehicular, sino también contaminación del medio ambiente. Actualmente, la necesidad de las personas por movilizarse de un lugar a otro se ve afectado, ya que es cada vez mayor el tiempo que les requiere para llegar a sus determinados destinos, ocasionando molestia e intranquilidad.

El problema viene a ser la gran congestión vehicular que se genera en horas pico en avenidas principales ya que, al estar ubicada la intersección en la “Avenida Bolognesi” y la “Avenida Gustavo Pinto”, presenta una demanda vehicular alta por su proximidad a lugares que acogen gran volumen de personas procedentes de lugares como una Universidad (CEID, Escuela de Posgrado UNJBG), Centros Educativos, Ferias Comerciales, Centros de esparcimiento, Restaurantes, etc. (Ver Figura N°01), provocándose un flujo vehicular lento, se puede observar a su vez falta de diseño en tiempos de semáforos y falta de mantenimiento de señales de tránsito, entre otros.

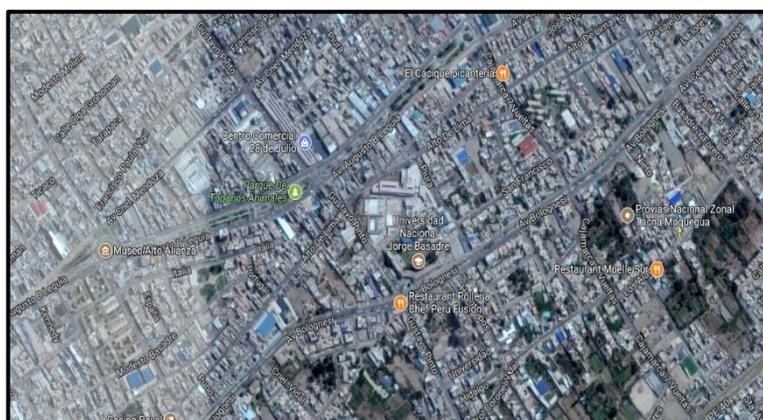


Figura 1: Ubicación de la zona de estudio.

Fuente: Google Maps

1.2. Formulación del Problema.

Problema General.

¿Cómo se puede optimizar el comportamiento del flujo vehicular en la intersección de la Av. Bolognesi con Av. Gustavo Pinto en la ciudad de Tacna?

Problemas Específicos.

- ¿Cuál es el grado de saturación de la intersección de la Av. Bolognesi con Av. Gustavo Pinto en la ciudad de Tacna?
- ¿Cómo es el nivel de servicio existente en la intersección de la Av. Bolognesi con Av. Gustavo Pinto en la ciudad de Tacna?
- ¿Cuánto mejora el comportamiento del flujo vehicular actual en la intersección de la Av. Bolognesi con Av. Gustavo Pinto en la ciudad de Tacna mediante el cambio de fases de semaforización o existe otra propuesta de mejora factible?

1.3. Justificación e importancia de la Investigación.

Actualmente se puede observar que se tiene una escasez con respecto a investigaciones y/o estudios de tráfico vehicular en la ciudad de Tacna, esto restringe la posibilidad de éxito de alguna iniciativa para mejorar el buen funcionamiento de las vías de nuestra ciudad, asimismo no permite enriquecer la calidad de vida de los habitantes por falta de información.

Las avenidas que están comprendidas en el tramo de estudio son vías consideradas como arteriales según el Plan de Desarrollo Urbano (PDU) de la ciudad de Tacna 2014-2023 (MPT), también están incluidas dentro de las intersecciones críticas de la ciudad, debido al inadecuado diseño vial y/o nodos conflictivos por flujos de tránsito intensos en términos de cantidad y frecuencia, que en su mayoría forman parte del circuito vial de transporte público.

Por ejemplo, la Av. Bolognesi articula a diferentes zonas de la ciudad de manera longitudinal, hacia zonas de recreación pasiva y actividades (distrito de Pocollay, las Campiñas de Calana, Pachía), mientras que la Av. Gustavo Pinto

conecta a diversas zonas de la ciudad de manera transversal (zonas comerciales de la ciudad, así como como el C.P.M. La Natividad y el Cono Norte), por ende, son una parte fundamental para la circulación de los vehículos tanto ligeros como pesados.

La justificación del presente estudio está basada en la optimización del tráfico para la intersección vial de la Av. Bolognesi con la Av. Gustavo Pinto debido a que dichas avenidas presentan una demanda vehicular alta por su proximidad a lugares que acogen gran volumen de personas procedentes de lugares como Universidades (CEID, Escuela de Posgrado UNJBG, Universidad Alas Peruanas, Escuela de Postgrado UPT, UPT), Centros Educativos (Gran Unidad Escolar de Mujeres “Colegio Emblemático Francisco Antonio de Zela”, Santísima Niña María, Colegio Particular Niños Reyes, etc.), Ferias Comerciales, Centros de esparcimiento, Restaurantes, entre otros.

La presente tesis se justifica en el aspecto económico debido a que los tiempos de desplazamiento a través de la ciudad de Tacna deben mejorar a partir del estudio, generando un incremento en la productividad con respecto al tiempo que se desperdicia en congestionamientos de tráfico y así permitir un ahorro en el gasto innecesario de combustible.

Los seres humanos actualmente afrontamos el enorme dilema del cambio climático, con el cual el transporte está ligado al consumo de combustible, con esto se pretende disminuir la congestión vehicular que se genera en horas pico, influir así de forma positiva en el medio ambiente, contribuir al desarrollo y profundizar en el tema de movilidad eficiente tomando en cuenta así el aspecto medioambiental.

Con relación al sistema de transporte, Tacna presenta el octavo mayor parque automotor del Perú, compuesto aproximadamente por más de 40 000 vehículos en el año 2010. Se estima que la mayor parte de los desplazamientos en la ciudad ocurren en transporte público (65%). Se debe tomar en cuenta que la demanda de vehículos que se presenta actualmente en la intersección vial de las

Av. Bolognesi y Av. Gustavo Pinto aumentará con el pasar de los años, incrementando así el congestionamiento y afectando a las vías.

En la ciudad de Tacna el transporte público está organizado en 33 rutas de transporte, en las que operan 949 vehículos (combis y minibuses), a esto se suma las unidades que realizan el servicio de Taxi generando una gran congestión de las vías principales de la ciudad; sobre todo en las horas pico.

Dichas rutas cuentan con itinerario y datos operacionales obtenidos de manera empírica sin metodología que justifique el diseño de la ruta, número de vehículos, así como otros datos operacionales (velocidad, frecuencia, etc.).

El incremento del parque automotor de Tacna en los últimos 7 años ha incrementado la cantidad de semáforos de 29 unidades al año 2007 a 79 unidades al año 2013, que representa más del 250 %, incrementando el tiempo de recorrido en el centro de la ciudad.

Con esta tesis queremos determinar la capacidad que poseen las avenidas en mención para poder ser circuladas, así como también el nivel de servicio que se presenta, con el fin de plantear soluciones posibles que estén basadas en condiciones actuales, datos reales y así poder realizar el mejoramiento de la intersección en estudio, por la problemática que se observa día a día “el congestionamiento vehicular” en horas punta.

El especialista en tránsito y seguridad vial de México, Arturo Cervantes indicó que en el Perú existe un estilo de conducción muy agresivo y peligroso “que seguramente está costando miles de vidas”. Asimismo, dijo que se deben realizar capacitaciones a los conductores, poniendo énfasis a la concienciación de los riesgos viales.

En el Perú, cada día fallecen 8 personas en accidentes de tránsito y 4 de ellas tienen entre 26 y 60 años, según un análisis realizado por RPPData en base a reportes de la Policía publicados entre el 2010 y el 2016. Asimismo, se tiene que el número de las infracciones de tránsito en el país sumaron 10 917 200. Algunas de las infracciones más graves y comunes son conducir sin licencia, sin el Seguro

Obligatorio de Accidentes de Tránsito (SOAT) o con presencia de alcohol en la sangre en proporciones mayores que los 0.5 gramos por litro tolerados por ley.

Con la finalidad de regular el tráfico vehicular y evitar accidentes, la Municipalidad Provincial de Tacna es la encargada de la continua señalización de las diferentes vías de la ciudad a través de la Gerencia de Transporte y Seguridad Ciudadana. La comuna provincial tiene la responsabilidad de realizar en forma permanente los trabajos de mantenimiento de vías y áreas verdes, a fin de mejorar la imagen y el tráfico de la ciudad, también se encargan de inspeccionar y fiscalizar el transporte público mediante diversos operativos donde se verifica que las unidades de transporte urbano público (buses y taxis) cumplan con los requisitos mínimos exigidos por ley. Asimismo, La Sub Gerencia de Transportes Público y Tránsito de la comuna provincial, es la encargada de la instalación de semáforos en distintas vías de la localidad.

Por ende, es necesario evaluar e integrar diversas teorías, así como también una simulación en el programa Synchro 8, con lo cual se podrá evaluar el estado en el que se encuentra dicho cruce de avenidas, para después mostrar propuestas de mejora de la situación existente (Nivel de servicio actual) y lograr gestionar eficientemente el tráfico.

El presente estudio hasta podrá ser considerado para alguna toma de acciones y/o decisiones posteriores en la ingeniería de tráfico y planteamiento del transporte urbano, por las entidades competentes, en este caso a la Municipalidad Provincial de Tacna para que logre afrontar con éxito los problemas de tráfico a presentarse, teniendo como antecedente nuestra investigación.

1.4. Objetivos.

Objetivo General.

Optimizar el comportamiento del flujo vehicular en la intersección de la Av. Bolognesi con Av. Gustavo Pinto en la ciudad de Tacna.

Objetivos Específicos.

- Determinar el grado de saturación de la intersección de la Av. Bolognesi con Av. Gustavo Pinto en la ciudad de Tacna.
- Conocer el nivel de servicio existente en la intersección de la Av. Bolognesi con Av. Gustavo Pinto en la ciudad de Tacna.
- Evaluar el cambio de fases de semaforización y otras propuestas de mejora en la intersección de la Av. Bolognesi con Av. Gustavo Pinto en la ciudad de Tacna.

1.5. Hipótesis.***Hipótesis general.***

Se optimiza el comportamiento del flujo vehicular mediante el análisis del flujo actual y proponiendo soluciones de mejora del tráfico en la intersección de la Av. Bolognesi con Av. Gustavo Pinto en la ciudad de Tacna.

Hipótesis específicas.***Hipótesis específica 1.***

El grado de saturación es altamente saturado debido a la gran cantidad de vehículos que se presenta en la intersección de la Av. Bolognesi con Av. Gustavo Pinto en la ciudad de Tacna.

Hipótesis específica 2.

Mediante el análisis del tráfico vehicular real y una simulación hecha con el software Synchro Traffic 8.0, se puede determinar que el nivel de servicio existente no es el adecuado ya que presenta demoras elevadas.

Hipótesis específica 3.

Se mejora notablemente el comportamiento del flujo vehicular y disminuye la congestión vehicular en la intersección de la Av. Bolognesi con Av. Gustavo Pinto en la ciudad de Tacna, mediante el cambio de fases de semaforización siendo una propuesta de mejora factible.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación.

REALIDAD MUNDIAL

EVALUACIÓN DEL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR EN INTERSECCIONES VIALES

RODRIGUEZ, N. (2015) Tesis de Pregrado, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

La problemática del congestionamiento vial es una realidad progresiva en varias ciudades alrededor del mundo.

Ciudades como Los Ángeles, San Francisco, Nueva York en Estados Unidos, así como Bruselas, Milán y París en Europa, son casos expuestos como los de mayor problema en congestionamiento vial, con un volumen de tránsito saturado, con vehículos en grandes cantidades, que perjudican la correcta circulación en sus vialidades y generan dificultades en sus sistemas de transporte.

Factores como el desarrollo económico y social a nivel mundial, han conllevado al incremento del flujo vehicular, siendo el congestionamiento de avenidas, una de sus mayores consecuencias.

Si se le diera un análisis a los factores que lo provocan, a la capacidad vial, a las capacidades de los conductores, y a la disposición de la vialidad, se podría determinar un diagnóstico, para la búsqueda de soluciones que aminoren la problemática.

Proponer soluciones para incrementar y mejorar el nivel de servicio de avenidas, es la meta principal en donde se presenta el congestionamiento vehicular, y para ello, las soluciones deben ser la respuesta al análisis de todos los factores que intervienen, con el desarrollo de un proyecto geométrico, que ofrezca soluciones similares de casos similares con características comunes a la avenida a intervenir.

En síntesis, la congestión de avenidas va más allá de infraestructura y geometría, trascienden a un nivel mayor, al analizar que se trata también del conductor en un entorno determinado, y de los usuarios diversos.

LA CONGESTION DEL TRANSITO URBANO: CAUSAS Y CONSECUENCIAS Y SOCIALES

THOMSON, I., BULL, A. (2002). Revista de la Cepal 76.

Definida por el diccionario de la Lengua Española como la “acción y efecto de congestionar o congestionarse” y “obstruir o entorpecer el paso, la circulación o el movimiento de algo”, la congestión es generada principalmente por la fricción entre los vehículos en el flujo de tránsito.

Los límites de velocidad junto con la frecuencia de las intersecciones establecen una velocidad promedio relativamente libre, con la cual los vehículos deberían circular. Pero la situación se ve alterada, cuando los vehículos adicionales alcanzan un volumen mayor a lo pensado, siendo cada adicional un estorbo en el desplazamiento de los demás, dando pie al inicio de la congestión.

Por lo tanto, decir que la congestión, es una condición iniciada a partir de la inmersión de un vehículo, que aumenta el tiempo de circulación de los demás vehículos dentro de un flujo de tránsito vehicular, es una afirmación correcta que define la problemática analizada.

Si la necesidad es transportarse, como una función elemental del ser humano para su desarrollo, se pueden determinar dos componentes de su costo frente al efecto de la congestión: el tiempo personal y los costos operacionales de los vehículos, como el combustible; son éstos los que aumentan al viajar en medio de la congestión vehicular, sin considerar, además, los efectos en los ejecutores de la movilización vehicular y del propio congestionamiento.

Las consecuencias originadas por los mismos operadores se resumen en costos de operación en incremento, y mayor tiempo de desplazamiento, viéndose perjudicados, los usuarios del transporte colectivo y los causantes del problema.

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS VIALES PARA LA INTERSECCIÓN DE LA AVENIDA BOLÍVAR CON CALLE SEGUNDA EN LA CIUDAD DE ARMENIA

CALDERON, J. (2001) Tesis de postgrado, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín.

Con una evaluación multivariable e integral, se propusieron diferentes alternativas convenientes para el método de evaluación. La metodología funcionaba a partir de la medición del peso de las variables que intervienen en la ejecución de un proyecto vial urbano.

Dentro de estos proyectos, las variables determinantes fueron: efecto barrera, compatibilidad de la intersección con deprimidos e intercambios a nivel, seguridad, capacidad, velocidad de operación, uniformidad operacional, costos de operación, costos de capital, disturbios en el tráfico, mantenimiento del tráfico, características estéticas, etc.

EVALUACIÓN DEL FLUJO VEHICULAR EN LA INTERSECCIÓN DE LA CARRERA 70 CON LA CALLE 9 POR LA CONSTRUCCIÓN DE UNA VÍA SUBTERRÁNEA EN EL AEROPUERTO ENRIQUE OLAYA HERRERA

BLAIR, C., GUEVARA D. (2012) Tesis de Pregrado, Escuela de Ingeniería de Antioquia.

Con la microsimulación, se realizó un análisis más detallado del comportamiento del flujo vehicular en esta intersección, simulando el tráfico en el software SIDRA INTERSECTION 5.1, con escenarios probables actuales, y para el 2020.

Se desarrolló un modelo con las características geométricas, considerando el comportamiento vehicular de la intersección y el tránsito, como parámetros en campo.

La propuesta enfocaba un diseño geométrico horizontal para lograr el empalme de la intersección con el portal occidental del deprimido, con la configuración de la unidad de vías del Departamento Administrativo de Planeación del municipio de Medellín y de elaboración propia.

La construcción del modelo, en todos los escenarios posibles, fue calibrado y simulado, ejecutando la corrida del modelo. Los resultados, ofrecieron una lista de observaciones de la simulación analizada, de la intersección de acuerdo a los niveles de servicio y saturación, los volúmenes vehiculares discriminados tanto por acceso como por carril y los tiempos de demora.

REALIDAD EN PERÚ

CONTROL DE TRÁFICO VEHICULAR AUTOMATIZADO UTILIZANDO LÓGICA DIFUSA

RUIZ DE SOMOCURSIO, A. (2008) Tesis de Pregrado, Universidad Ricardo Palma.

Según Ruiz de Somocurcio (2008), la situación actual del tráfico vehicular en el Perú es deficiente, con sistemas de control de tránsito insuficientes, en la mayoría de las avenidas principales de la capital. De acuerdo al análisis, se determinó que la situación se debe a que los sistemas utilizados son de conmutación, programados en un inicio del proceso, sin considerar los cambios de flujo de vehículos durante las diferentes horas. Esto genera consecuencias como el embotellamiento, la espera innecesaria de conductores cuando en la intersección no existe mayor concentración de vehículos.

Además, el mantenimiento es otro de los factores que interviene, teniendo sistemas para el control de tráfico vehicular obsoletos, que no han sido renovados hace más de 40 años, y que, a pesar del aumento del parque automotor, no se consideran cambios para el manejo de acuerdo a la realidad actual. El congestionamiento de vías principales en la capital y de ciudades al interior del país, es un problema latente y no controlado, ni por el gobierno ni por entidades u empresas competentes.

TEC Corporation, es una de las pocas empresas en el rubro de la instalación de sistemas de control de tránsito vehicular, con sistemas no automatizados, sino con un centro de monitoreo, con operadores y supervisores del adecuado control del tránsito, y que, si bien cuenta con un gasto operativo elevado, es una de las alternativas de solución por considerar.

PROPUESTA DE MEJORA DE LOS NIVELES DE SERVICIO PARA MITIGAR LA CONGESTIÓN VEHICULAR EN LAS INTERSECCIONES DE LA AV. RAFAEL ESCARDO COMPRENDIDA ENTRE LAS AVENIDAS COSTANERA, LA PAZ Y LA LIBERTAD, LIMA – SAN MIGUEL

GONZALES, D., REY V. (2016), Tesis de Pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

Las investigaciones y estudios publicados afirman que la calidad del funcionamiento de las intersecciones es determinada por 3 aspectos: la demanda, reflejada en la cantidad de vehículos, la oferta, siendo ésta la capacidad, y los dispositivos de control utilizados en el sitio de análisis. Además, la optimización del ciclo semafórico también aportaría en la mejora de los niveles de servicio en las tres intersecciones analizadas: Intersecciones Av. Rafael Escardo con Av. La costanera, Av. Rafael Escardo con Av. La Paz, Av. Rafael Escardo con Av. La Libertad) - Lima. (Gonzales y Rey, 2016). (Ver Figura N°2)

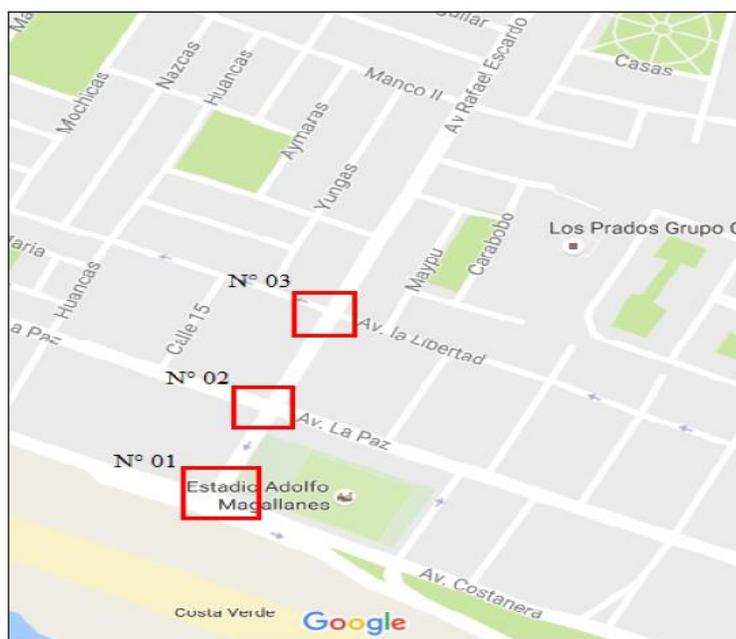


Figura 2: Ubicación de la zona en estudio (3 intersecciones). Tesis: Propuesta de mejora de los niveles de servicio para mitigar la congestión vehicular en las intersecciones de la Av. Rafael Escardo comprendida entre las Avenidas Costanera, La Paz y La Libertad, Lima – San Miguel (González & Rey., 2016).

Fuente: Propuesta de mejora de los niveles de servicio para mitigar la congestión vehicular en las intersecciones de la Av. Rafael Escardo comprendida entre las Avenidas Costanera, La Paz y La Libertad, Lima – San Miguel (González & Rey., 2016).

PROPUESTA DE MEJORA DE NIVELES DE SERVICIO EN DOS INTERSECCIONES

REYNA, P. (2015), Tesis de Pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

Reyna (2015), en su tesis publicada determinó en base a su análisis, que la intersección de las calles Arica con Enrique Palacios - Lima, está calificado con un nivel de servicio D, mientras que, la Intersección de Comandante Espinar con Enrique Palacios, es calificado con un nivel de servicio E.

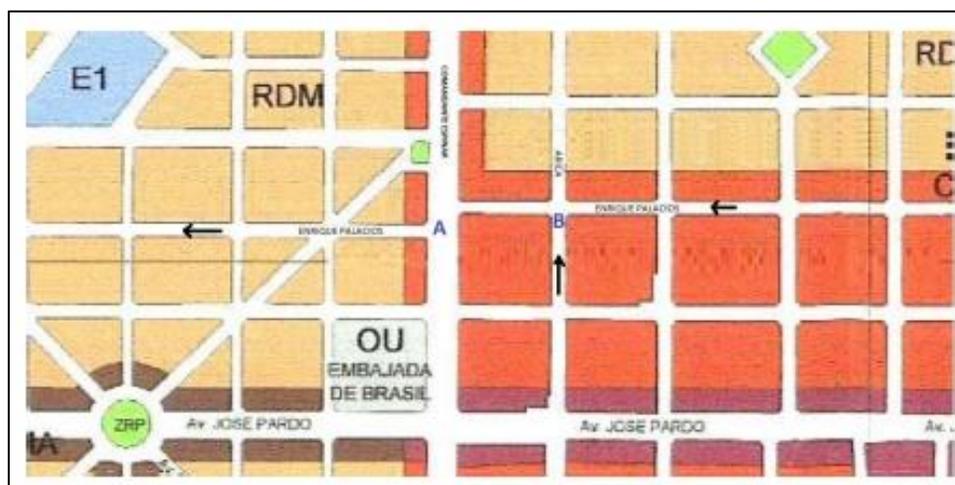


Figura 3: Gráfico de ubicación de las 2 intersecciones. Tesis Propuesta de mejora de niveles de servicio en dos intersecciones (Reyna, 2015).

Fuente: Propuesta de mejora de niveles de servicio en dos intersecciones (Reyna, 2015).

Según esta tesis, los niveles de servicio actuales en la zona generan congestión vehicular, por lo que se propone el aumento del ciclo verde efectivo en el semáforo, en la calle Enrique Palacios en 5 segundos, lográndose una optimización de niveles de servicio, de E a D.

SOLUCIÓN VIAL DE LA AV. PRIMAVERA COMPRENDIDA ENTRE LAS AVENIDAS LA ENCALADA Y JOSÉ NICOLÁS RODRIGO, LIMA-LIMA-SURCO

NUÑEZ, Ch., Villanueva C. (2014), *Tesis de Pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.*

El congestionamiento vehicular en este determinado caso se ve provocado por el diseño geométrico del Ovalo Central, el cual no cumple con distribuir de manera correcta el flujo vehicular constante en los 4 accesos que tiene, todo evaluado durante el periodo de la tarde en la zona de estudio.

Se lograron resultados favorables, con un nivel de servicio E, al aplicar un nuevo diseño de la intersección y bajo la optimización de semáforos utilizando SYNCHRO como software.

La propuesta también contempló, un flujo vehicular constante, coordinando semáforos entre intersecciones aledañas y eliminando el semáforo de cruce peatonal. Finalmente, si bien se lograron mejoras, no fueron las suficientes para los niveles de servicio que exigía.

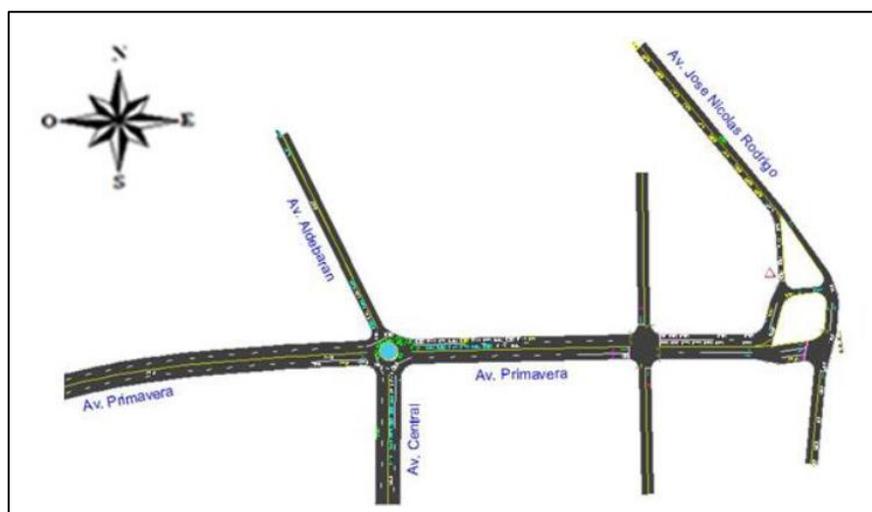


Figura 4: Congestión en el óvalo central. Tesis: SOLUCIÓN VIAL DE LA AV. PRIMAVERA COMPRENDIDA ENTRE LAS AVENIDAS LA ENCALADA Y JOSÉ NICOLÁS RODRIGO, LIMA-LIMA-SURCO. (Núñez y Villanueva, 2014).

Fuente: SOLUCIÓN VIAL DE LA AV. PRIMAVERA COMPRENDIDA ENTRE LAS AVENIDAS LA ENCALADA Y JOSÉ NICOLÁS RODRIGO, LIMA-LIMA-SURCO. (Núñez y Villanueva, 2014).

2.2. Bases Teóricas

Intersección Vial

Zona compartida por dos o más vías, donde el cambio de sentido en la trayectoria es el propósito principal.

Recorridos de los vehículos:

- Movimiento de frente, con un recorrido aproximadamente recto y que atraviesa a otras.
- Giro a la derecha, comúnmente sin dificultades.
- Giro a la izquierda, cuyo recorrido atraviesa a la de frente con respecto al sentido contrario.

El diseño de cualquier intersección se basa principalmente en mezclar los componentes más apropiados a sus condiciones específicas para que estos desplazamientos se realicen con comodidad y seguridad.

En la figura N°5 se puede apreciar una intersección vial clásica de 4 entradas.

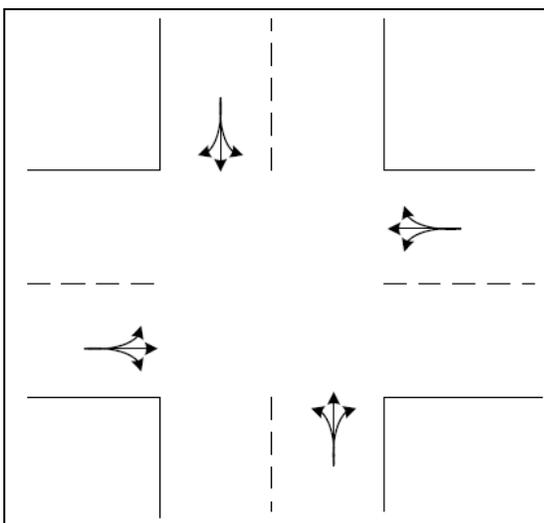


Figura 5: Intersección vial clásica de 4 entradas

Fuente: Elaboración propia

Volumen de tráfico

Según Reyna (2015), se define como el número de vehículos que circulan por un punto en alguna vía, ya sea por un sentido de vía, un cruce o intersección,

esto en una fracción de tiempo determinado. La unidad mayormente empleada es la unidad vehículos por hora y vehículo por día.

Sistema Vial de Transporte

Según indica el PDU de la ciudad de Tacna 2014- 2023, el objetivo del Sistema Vial Urbano es establecer un sistema de REDES VIALES, que satisfaga la demanda de tránsito y transporte actual y futura, que garantice la interrelación entre los diferentes sectores del área urbana, así como la vinculación de ésta con el resto de la región y del país.

Clasificación Normativa de Vías:

El sistema Vial Urbano está compuesto de vías con diferente función y jerarquía, las cuales se han agrupado en la siguiente clasificación vial.

a) Vías Internacionales

Compone básicamente la vía Panamericana Sur y Norte que forma parte del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC), que integra la Ciudad de Tacna con las regiones de Moquegua, Arequipa, Ica y Lima; y a su vez también posibilita su conexión con Arica y Norte de Chile. La vía Collpa la Paz que articula Pocollay a la ciudad de Tacna y el Valle Viejo de modo longitudinal, se proyecta a ser una vía de interconexión regional e internacional.

Se propone la consolidación de un segundo ingreso a la ciudad desde la vía Panamericana para lograr interconectar los equipamientos comerciales del sector 8 (Mercado Mayorista) con la red vial nacional.

b) Vías Interregionales

Son las vías que forman parte del Sistema Nacional de Carreteras, las mismas que integran a la ciudad de Tacna con el resto de las regiones del país. Estas vías están destinadas principalmente al transporte interdepartamental de pasajeros y de carga.

El plan propone la ampliación del área urbana para lograr la consolidación de la Av. Litoral en el tramo comprendido por el sector 11. De esta forma las competencias las asume la Municipalidad Provincial.

c) *Vías Interprovinciales*

Son las vías que componen la red vial Regional conformada por las carreteras que constituyen la red vial circunscrita al ámbito de un gobierno regional. Son parte de la Red Vial Departamental o Regional, las carreteras que cumplan los siguientes criterios:

- Interconectar la capital del departamento de provincias o estas entre sí.
- Facilitar principalmente el transporte de personas y el intercambio comercial a nivel regional o departamental y que tengan influencia en el movimiento económico regional.

Son aquellas vías que comunican a la ciudad de Tacna con las provincias de Jorge Basadre, Candarave y Tarata; articulan actividades productivas, de transporte interprovincial de pasajeros y de carga, teniendo principalmente como origen y destino las zonas altoandinas del departamento de Tacna.

El plan recoge la propuesta del distrito de Ciudad Nueva y se genera un segundo ingreso a la ciudad desde la Vía de Tarata, circulando hacia el sur del Relleno sanitario y articulándolo al sector 7 de la ciudad.

Vías de Articulación Urbana:

a) *Vías Arteriales*

Son definidas en el Plan de Desarrollo Urbano y son aquellas que por su grado de articulación, conexión, magnitud y jerarquía en el sistema vial urbano interrelacionan los grandes sectores de la ciudad entre sí. Se articulan directamente con la vía de Articulación Interregional.

Su función es la de permitir el tránsito vehicular, con media o alta fluidez, baja accesibilidad y relativa integración con el uso del suelo colindante. Estas vías deben permitir una buena distribución y repartición del tráfico a las vías colectoras y locales.

El plan propone la articulación vial integral de los sectores 10, 11, 14 y 8, que son los que proyectan mayores áreas de expansión urbana, y de esta forma consolidar las centralidades existentes hacia el sur de la ciudad y dotar de la infraestructura vial necesaria para el funcionamiento de la centralidad Puerto Seco y de la centralidad Mercado Mayorista.

b) Vías Colectoras

Se establecen en el Plan de Desarrollo Urbano y son las vías que sirven para llevar el tránsito de las vías locales a las arteriales. Dan servicio tanto al tránsito de paso como hacia las propiedades adyacentes. Pueden ser colectoras distritales o interdistritales. Entre sus características se pueden señalar:

- El flujo de tránsito es interrumpido frecuentemente por intersecciones semaforizadas, cuando empalman con vías arteriales.
- Cuentan con señalización horizontal y vertical cuando empalman con vías locales.
- Se permite estacionamiento controlado.

c) Vías Locales

Son aquellas vías cuya función principal es proveer acceso a los predios o lotes, debiendo llevar únicamente su tránsito propio, generado tanto de ingreso como de salida.

Por ellas transitan vehículos livianos, ocasionalmente semi pesados; se permite estacionamiento vehicular y existe tránsito peatonal irrestricto. Las vías locales se conectan entre ellas con las vías colectoras.

Estructura del Sistema Vial Urbano

El Sistema Vial Urbano de la ciudad de Tacna está estructurado de acuerdo con su función en una red vial Primaria y Secundaria utilizando la clasificación vial normativa establecida en el presente plan.

En el Plano del Sistema Vial Urbano (Ver anexo N°4) se muestra dicha red vial según su jerarquía diferenciando las vías existentes de las proyectadas

y asimismo caracterizando las vías en una codificación, con el fin de establecer un ordenamiento en la tipología y niveles del transporte vehicular.

Tabla 1: Clasificación y Codificación de Vías

Estructura	Clasificación	Código
Red Vial Primaria	Vías internacionales	VIN
	Vías interregionales	VIR
	Vías interprovinciales	VIP
	Vías arteriales	VAR
Red Vial Secundaria	Vías colectoras	VC
	Vías locales	VL

Fuente: Equipo Técnico PAT- PDU 2014 - 2023

a) *Red Vial Primaria*

Conformada por la Vías de Articulación Internacional, Interregional, Interprovincial y Arteriales. La función de la red vial primaria es permitir la interconexión de la ciudad hacia el sistema nacional de carreteras, y permitir la interconexión de los diferentes sectores de la ciudad entre sí, buscando la consolidación del modelo de desarrollo urbano propuesto.

Tabla 2: Clasificación de Vías Internacionales

VIAS INTERNACIONALES – (VIN)	
N°	NOMBRE DE VIAS
1	Carretera Panamericana Sur y Norte
2	Vía nuevo ingreso a Tacna
3	Av. Celestino Vargas

Fuente: Equipo Técnico PAT- PDU 2014 - 2023

Tabla 3: Clasificación de Vías Interregionales

VIAS INTERREGIONALES – (VI)	
N°	NOMBRE DE VIAS
1	Carretera Costanera Sur

Fuente: Equipo Técnico PAT- PDU 2014 - 2023

Tabla 4: Clasificación de Vías Interprovinciales

VIAS INTERPROVINCIALES – (VIP)	
N°	NOMBRE DE VIAS
1	Av. Tarata
2	Carretera Tacna - Tarata
3	Vía interprovincial proyectada 1

Fuente: Equipo Técnico PAT- PDU 2014 - 2023

Tabla 5: Vías Arteriales

VIAS ARTERIALES – (VA)	
N°	NOMBRE DE VIAS
1	AV. LITORAL
2	AV. EJERCITO
3	AV. TARAPACA
4	AV. CAPLINA
5	AV. MANUEL A. ODRIA
6	AV. PANAMERICANA SUR
7	AV. BOHEMIA TACNEÑA
8	AV. CRISTO REY
9	AV. LOS POETAS
10	CA. TARATA Y LOS PRECURSORES
11	AV. LA CULTURA
12	AV. MUNICIPAL
13	AV. VON HUMBOLDT
14	AV. JORGE BASADRE GROHMANN OESTE

15	AV. CUZCO
16	CA. VICENTE DAGNINO
17	AV. GREGORIO ALBARRACIN
18	AV. AUGUSTO B. LEGUIA
19	AV. JORGE BASADRE GROHMANN SUR
20	AV. JORGE BASADRE GROHMANN NORTE
21	AV. JORGE BASADRE GROHMANN ESTE
22	AV. GRAU
23	AV. BOLOGNESI
24	AV. CELESTINO VARGAS
25	CA. GREGORIO ALBARRACIN
26	CA. PATRICIO MELENDEZ
27	AV. BASADRE Y FORERO
28	AV. INDUSTRIAL
29	CA. DANIEL ALCIDES CARRIÓN
30	AV. GUSTAVO PINTO
31	PROLONGACIÓN DE LA AV. PINTO
32	CA. JOSE TORRE TAGLE
33	AV. HAITI
34	AV. GREGORIO ALBARRACIN
35	AV. MARIANO NOCOCHEA
36	AV. CANADA
37	AV. INTERNACIONAL

Fuente: Equipo Técnico PAT- PDU 2014 – 2023.

b) Red Vial Secundaria

Esta red está conformada por las vías urbanas, llamadas Colectoras y Locales. Las vías colectoras tienen como función principal llevar el tránsito de las vías locales a las arteriales y en algunos casos a las vías Primarias cuando no es posible hacerlo por intermedio de las vías arteriales.

Las vías Locales tienen como función principal la de proveer acceso a los predios o lotes, debiendo llevar únicamente su tránsito propio, generado tanto de ingreso como de salida.

Sistemas de Transporte

Según Cal y Mayor, R., Cárdenas, J. (2007), bajo un punto de vista general, el transporte presenta una taxonomía muy diversificada: carga y pesaje, transporte público y transporte privado, transporte individual y transporte colectivo, entre otros.

Transporte público urbano

Según Cal y Mayor, R., Cárdenas, J. (2007), los transportes públicos urbanos procuran el desplazamiento de personas de un punto a otro en el seno de las ciudades. La gran mayoría de las áreas urbanas de tamaño medio o grande poseen algún tipo de transporte público urbano. En muchos países el servicio es generalmente de responsabilidad municipal, aunque los municipios pueden conceder licencias o concesiones, de prestación a empresas o a particulares.

Además de que el transporte público urbano es parte esencial de una ciudad, propicia la reducción de la contaminación ambiental, ya que su presencia conduce al empleo de menos automóviles par el movimiento de personas, permitiendo el desplazamiento de aquellos que no tienen medios para adquirir un auto y necesitan recorrer largas distancias hasta el lugar de destino.

Según Pinto, Ch. (2016), es necesario tener noción de esto mediante un inventario, el cual nos brinde la información necesaria respecto a los distintos sistemas de transporte público que presenta el área de estudio, así mismo, tener en cuenta datos como la ubicación de los paraderos, la frecuencia del servicio, la capacidad y situación de los vehículos, el número de rutas, etc. Se encuentran en este sistema los microbuses, buses, combis y los taxis.

Transporte privado

Según Pinto, Ch. (2016), son aquellos servicios que no están abiertos para el público general. Así mismo no tienen rutas, horarios y velocidades definidas.

El transporte privado se refiere a los servicios de transporte que no están abiertos o disponibles para el público en general. Técnicamente, el transporte privado se diferencia del transporte público en tres aspectos: Primero, el transporte privado no está sujeto a rutas, es decir, el usuario selecciona el camino que considere más conveniente para llegar a su destino. Segundo, no depende de horarios, a diferencia del transporte público donde el horario del viaje está dispuesto a la disponibilidad de los servicios. Tercero, la velocidad es selección del viajero (dentro de las limitaciones del vehículo, legales y de la infraestructura).

Dentro de los sistemas de transporte, aquellos clasificados dentro del transporte privado se diferencian principalmente de los de transporte público porque los vehículos no hacen parte de la oferta de transporte. Por ejemplo, en un sistema de buses, la demanda son los pasajeros y la oferta son los autobuses, las estaciones, los horarios, las vías y los conductores. Por el contrario, para los viajes en automóvil, la demanda son los viajeros y sus automóviles, y la oferta son las vías.

Se encuentran en este sistema las bicicletas, motos, y automóviles en general.

Transporte de carga

Cal y Mayor, R., Cárdenas, J. (2007), el transporte de carga se programa y cotiza según acuerdos comerciales sean ellos formales o no. Dado que el movimiento de carga obedece a deseos y necesidades de periodicidad diversa, aun en aquellos casos de traslados repetitivos.

El transporte de carga responde a dos esquemas de trabajo: envío o reparto (traslado/distribución) y de acuerdo con ello se diseña su operación.

Clasificación de los vehículos

Según Cal y Mayor, R., Cárdenas, J. (2007), los vehículos se clasifican en vehículos ligeros, vehículos pesados y vehículos especiales.

- Los *vehículos ligeros* son vehículos de pasajeros y /o carga, que tienen dos ejes y cuatro ruedas. Se incluyen en esta denominación los automóviles, camionetas, y las unidades ligeras de pasajeros y carga.
- Los *vehículos pesados* son unidades destinadas al transporte masivo de pasajeros o carga, de dos o más ejes y de seis o más ruedas. En esta denominación se incluyen los autobuses y los camiones.
- Los *vehículos especiales* son aquellos que eventualmente transitan y/o cruzan las carreteras y calles, tales como: camiones y remolques especiales para el transporte de troncos, minerales, maquinaria pesada, maquinaria agrícola, y en general, todos los demás vehículos no clasificados anteriormente, tales como vehículos deportivos y vehículos de tracción animal.

Número de carriles

Ancho de las Calzadas

Según lo descrito en el Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas esta característica está directamente relacionada con la clasificación funcional de la vía; también con la capacidad operacional necesaria para atender a la demanda vehicular; y, con el sentido de la circulación.

La determinación del número de carriles y consecuentemente del ancho de la calzada, en un principio, se define en los estudios de planificación de la red vial y de transporte urbano. El número mínimo de carriles en una calzada con sentido único es lógicamente uno y el máximo sugerido es cuatro. Este máximo es en realidad un criterio estrictamente referencial ya que en caso de que la demanda sugiera un mayor número de carriles.

Ancho de Carriles

El ancho recomendable para los carriles de una vía dependerá principalmente de la clasificación de esta y de la velocidad de diseño adoptada, sin embargo, no siempre será posible que los diseños se efectúen según las condiciones ideales. El proyectista podrá justificar el empleo de valores excepcionales atendiendo aspectos sociales, económicos, físicos, geográficos e inclusive institucionales. Dependiendo de la velocidad de diseño y de la clasificación vial, el ancho de los carriles, en tramos rectos, puede asumir los valores indicados en la tabla N°06.

Tabla 6: Ancho de carriles

CLASIFICACIÓN DE VIAS		Velocidad (Km/Hr)	Ancho Recomendable (mts)	Ancho Mínimo de carril en pista normal (mts)
LOCAL		30 a 40	3.00	2.75
ARTERIAL	COLECTORA	40 a 50	3.25	3.00
		50 a 60	3.30	3.00
		60 a 70	3.50	3.25
		70 a 80	3.50	3.50
EXPRESAS		80 a 90	3.60	3.50
		90 a 100	3.60	3.50

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas

Tipos de modelación del tráfico

Así como lo señala Alcalá, M. (2016), los modelos empleados para los estudios de los diversos proyectos viales se pueden clasificar de diferentes formas, dependiendo del nivel de análisis y detalles que se quiera conseguir.

A continuación, se mencionan los modelos para el estudio de la intersección de la presente tesis:

Según el nivel de detalle: Modelo macroscópico

La principal característica de estos modelos es que el flujo vehicular se representa de una forma genérica, tomando en cuenta la velocidad y la densidad del tráfico.

Aunque es verdad que este tipo de modelo a nivel de detalle no es muy profundo, el resultado obtenido podría ser muy favorable cuando se trata de algún proyecto de gran trascendencia en cuanto a eficiencia, ya que conlleva un menor tiempo de análisis.

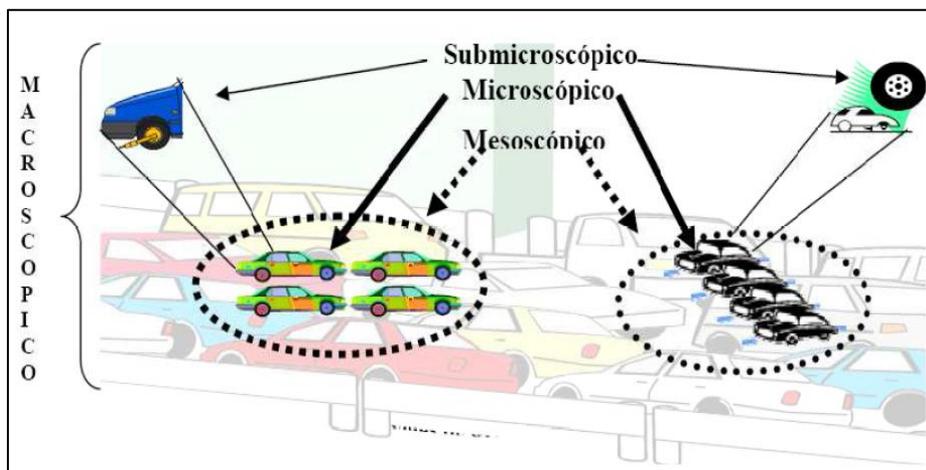


Figura 6: Descripción de los modelos de simulación de tránsito.

Fuente: Paper: ¿Cómo mejorar el flujo vehicular por medio de la simulación? (González et al., 2000).

Según la dependencia al tiempo y probabilidad: Modelo determinístico

Este modelo se basa en ecuaciones matemáticas que no varían en relación al tiempo, se obtienen los mismos resultados para los mismos datos de entrada dentro del análisis del proyecto (Starfield, 2005). Synchro es el software más común que sigue el análisis determinístico.

Conteos o aforos vehiculares

Tal como lo indican Gonzáles, D., Rey, V. (2016), la recolección de datos se da mediante conteos o aforos vehiculares, con el fin de obtener los datos reales medidos en campo sobre el movimiento de vehículos dentro de un sistema vial (cruce, intersección, vía, etc.), con la finalidad de entender su conducta.

El conteo se puede dar mediante diversas técnicas como: aforos manuales (papel y lápiz), aforos manuales (tally counters), aforos manuales (electrónico) y aforos automáticos. Para poder realizar el conteo vehicular la mejor manera se debe hacer un análisis previo de todos los recursos a necesitar, escoger la técnica a usar, determinar los días y horas para realizar el conteo, preparar los formatos y preparar personal adicional (en caso se necesite) para así poder llegar a conseguir buenos resultados.

Gracias a esta serie de acciones se obtiene la composición vehicular, los movimientos direccionales, periodos y volúmenes totales.

Según el Manual de Diseño Geométrico de vías urbanas (2005), las variaciones de los volúmenes de tránsito a lo largo de las horas del día dependen del tipo de ruta, según las actividades que prevalezcan en ella, puesto que hay rutas de tipo turístico, agrícola, comercial, etc.

En las ciudades se tiene variación típica de la siguiente manera: la madrugada empieza con bajo volumen de vehículos, el cual se va incrementando hasta alcanzar cifras máximas entre las 7:00 y las 9:00 horas.

De las 9:00 a las 12:00 horas vuelve a bajar y empieza a ascender para llegar a otro máximo entre las 12:00 y las 14:00 horas. Vuelve de nuevo a disminuir entre las 14:00 y las 18:00 horas, cuando asciende otra vez para alcanzar un tercer valor máximo entre las 18:00 y las 20:00 horas. De esta hora en adelante tiende a bajar al mínimo en la madrugada.

Simulación de tráfico vehicular

Según Nuñez, Ch., Villanueva, C. (2014), El HCM es un manual que publicó el National Research Council en Estados Unidos, por medio de Transportation Research Board (TRB), donde se indican diversos métodos para

la estimación de la capacidad que posee una vía y así poder determinar el nivel de servicio en carreteras e intersecciones.

La primera publicación del HCM donde se logró identificar los conceptos de capacidad de las instalaciones de infraestructura vial se dio en el año 1950, mientras que fue en el año de 1965 donde recién se introdujo la primera definición de niveles de servicio, ambos desde el punto de vista de planificación, diseño y operación de las vías.

En la tesis de pregrado de Reyna (2015), Mediante el análisis operacional se determina la capacidad y el nivel de servicio de cada grupo de carriles o acceso, lo mismo que el nivel de servicio de la intersección en global, a partir de una información detallada de las condiciones geométricas, del tráfico y del control semafórico.

Este manual (HCM 2010) es el más usado en nuestro país, así como también en Latinoamérica, por ello es que la presente tesis lo utilizó como base y fundamento ante cualquier operación, tomando en cuenta también normativa peruana.

Volumen horario de máxima demanda (VHMD)

Según Gonzáles, D., Rey, V. (2016), Es el número de vehículos que circulan por un punto de la intersección vial durante un intervalo de tiempo determinado, el cual puede variar desde 15 minutos hasta 01 año, dependiendo del criterio que se vaya a tomar. Asimismo, en la tesis de pregrado de Pinto, Ch. (2016), señala que el VHMD es el valor representativo de los periodos de máxima demanda que se pueden dar durante un día en particular.

La capacidad y la demanda se concentran en la hora pico del volumen del tráfico, es decir cuando el volumen alcanza su máximo nivel, ya que representa el período más crítico para las operaciones y por ende tiene mayores requisitos de capacidad.

Factor horario de máxima demanda (FHMD)

Según Gonzáles, D., Rey, V. (2016), la ingeniería de tránsito le da un énfasis al volumen de vehículos que representa el tráfico de la hora punta, con respecto a la evaluación de la capacidad y otros factores a tomar en cuenta, pues

simboliza el período más crítico y nos indica por ende que el volumen de tráfico está en su más alto nivel.

Se llama FHMD a la relación existente entre el volumen horario de máxima demanda (VHMD) y el volumen máximo $q_{m\acute{a}x}$ que se da en un periodo determinado dentro de la hora pico (el valor mayormente usado es 15 minutos), como se muestra en la siguiente ecuación:

$$FHMD = \frac{VHMD}{4 * q_{15m\acute{a}x}}$$

Dónde:

VHMD = Volumen horario de máxima demanda

$q_{15m\acute{a}x}$ = Volumen máximo durante 15 minutos de flujo (veh/ 15minutos)

Flujo de saturación (S)

Según Gonzáles, D., Rey, V. (2016), de acuerdo a lo mencionado por la Highway Capacity Manual (HCM), el flujo de saturación representa la tasa máxima de flujo para un tráfico por carril que pasa por medio de la intersección bajo ciertas circunstancias predominantes del tránsito (volumen vehicular, ciclistas, paraderos, etc.) y la calle (número y ancho de carriles, pendientes, semáforos, etc.)

Se tiene dos clases de flujo de saturación:

- Flujo de Saturación Básico (S_0)
- Flujo de Saturación Real (S)

PROGRAMA SYNCHRO 8.0

Según el Manual del Programa Synchro Studio 8 (2011), Synchro es un programa completo para simular, optimizar, administrar y representar el tráfico de la zona en estudio. Synchro opera en base a los métodos del Manual de Capacidad de Carreteras 2010, proporciona una solución fácil de usar para el análisis de capacidad de intersección única y optimización de tiempo.

A continuación, se presentan algunos conceptos a tener en cuenta en cada plantilla que tiene el programa:

PLANTILLA 1: LANE SETTINGS

Flujo Saturado Ideal (S_o) (Ideal Saturated Flow)

Tal como lo indica el Manual del Programa Synchro Studio 8 (2011), es el índice de flujo saturado ideal para un solo carril. El HCM 2010 recomienda el uso de 1,900 vehículos por hora por carril para un área metropolitana con población mayor a 250,000.00 habitantes a más, de lo contrario considerar 1,750 vehículos por hora por carril.

Factor de ajuste por ancho de carril (f_w)

Según Reyna (2015) indica que, es el factor que integra el impacto negativo de carriles angostos en la tasa de flujo de saturación, pero una tasa de flujo mayor en carriles anchos. El ancho de carril estándar es de 3.6m, según lo indica Cal y Mayor, R., Cárdenas, J. (2007), se considera la siguiente fórmula:

$$f_w = 1 + \frac{W - 3.6}{9}$$

Dónde:

W = ancho de carril (m)

Si:

$W \geq 2.4 \text{ m.}$, analizar como un solo carril

$W \geq 4.8 \text{ m.}$, analizar como dos carriles

Factor de ajuste por pendiente de acceso (f_g):

González, D., Rey, V. (2016) señala que, este factor incorpora el efecto de la pendiente de la rasante sobre la operación de todos los vehículos, ya sea liviano o pesado.

$$f_g = 1 - \frac{\%G}{200}$$

Dónde:

$\%G$ = Porcentaje de pendiente del acceso

Consideraciones:

$-6 \leq \%G \leq +10$ Negativa en cuesta abajo (descensos)

Factor de ajuste por estacionamiento adyacente al grupo de carriles (f_p):

Según indica Gonzáles, D., Rey, V. (2016), este factor reconoce el efecto de fricción en el acceso, referente al carril del estacionamiento al momento de estacionar. Asimismo, toma en cuenta los bloqueos ocasionales que se puedan generar en un carril adyacente debido a las maniobras por estacionamiento se consideran un tiempo de 18 segundos aproximadamente. (HCM 2010 pág. 18-37)

$$f_p = \frac{N - 0.1 - \frac{18 * Nm}{3600}}{N}$$

Dónde:

N = Número de carriles del grupo / acceso

Nm = Número de maniobras de estacionamiento por hora

Consideraciones:

$0 \leq Nm \leq 180$; $f_p \geq 0.050$

$f_p = 1$, cuando no hay estacionamientos

Factor de ajuste por el tipo de área (f_a):

Según Reyna (2015), es el factor que toma en cuenta la ineficiencia de las intersecciones cuando se encuentran en el centro de la ciudad, ya que se presentan características de un distrito central de negocios (CBD, Central Business District), las cuales incluyen derechos de paso en calles angostas, maniobras de parqueo frecuentes, actividades de taxis y buses, pequeños radios de giro, alta actividad de peatones, etc.

Se tiene los siguientes factores según Cal y Mayor, R., Cárdenas, J. (2007):

$$f_a = 0.9 \text{ en CBD}$$

$$f_a = 1 \text{ en otras áreas}$$

Dónde:

CBD = Distrito Central de Negocios (centro de la ciudad)

Factor de ajuste por utilización de carriles (f_{LU}): (Lane Utilization Factor)

Según el Manual del Programa Synchro Studio 8 (2011), el factor de utilización de carril determina cómo se distribuyen los volúmenes de tráfico asignados a un grupo de carril en cada carril. Un valor de uno indica una distribución igual en todos los carriles. Valores inferiores a uno, menor el índice de flujo de saturación, porque todos los carriles no funcionan a plena capacidad.

El Factor de utilización del carril se selecciona de los valores en la Tabla N°07.

Tabla 7: Factor de ajuste por utilización de carriles

Movimiento del grupo de carriles	N° de carriles	Factor de ajuste por utilización de carriles
Compartido	1	1.00
Compartido	2	0.95
Compartido	3	0.91
Compartido	4+	0.86
Izquierdo	1	1.00
Izquierdo	2	0.97
Izquierdo	3+	0.94
Derecho	1	1.00
Derecho	2	0.88
Derecho	3	0.76

Fuente: Manual del software Synchro Traffic V8.0, basado en el HCM 2010.

Nota: La tabla está en función a los giros y el número de carriles.

Factor de giro a la derecha (f_{RT}) (Right Turn Factor)

Según señala el Manual del Programa Synchro Studio 8 (2011), el factor de giro a la derecha se usa para reducir la tasa de flujo de saturación según la proporción de giros a la derecha en el grupo de carriles y el tipo de carril que da vuelta a la derecha.

Se tiene las siguientes fórmulas según Cal y Mayor, R., Cárdenas, J. (2007):

Carril exclusivo: $f_{RT} = 0.85$

Carril compartido: $f_{RT} = 1 - 0.15P_{RT}$

Carril simple: $f_{RT} = 1 - 0.135P_{RT}$

Dónde:

P_{RT} = proporción de vueltas a la derecha en el grupo de carriles

$f_{RT} \geq 0.050$

Factor de giro a la izquierda (f_{LT}) (Left Turn Factor)

Los factores de giro a la izquierda se aplican en la determinación del flujo de saturación. Los valores predeterminados se calculan a partir de las fórmulas siguientes, pero el usuario puede anularlos. Según Cal y Mayor, R., Cárdenas, J. (2007) el Factor de giro a la izquierda para carriles exclusivos es:

Fase Protegida:

Carril exclusivo : $f_{LT} = 0.95$

Carril compartido: $f_{LT} = \frac{1}{1 + 0.05P_{LT}}$

Dónde:

P_{LT} = proporción de vueltas a la izquierda en el grupo de carriles

Factor de giro derecho de peatones y bicicletas (f_{Rpb}) (Right Ped Bike Factor)

Según indica el Manual del Programa Synchro Studio 8 (2011), este factor se calcula en función de la cantidad de peatones y bicicletas que cruzan el movimiento del giro a la derecha. El factor tiene en cuenta la cantidad de tiempo verde para los peatones y las bicicletas, así como el número de carriles de recepción aguas abajo.

Se tiene la siguiente fórmula para hallar el factor según Cal y Mayor, R., Cárdenas, J. (2007):

$$f_{R_{pb}} = 1.0 - P_{RT}(1 - A_{pbT})(1 - P_{RTA})$$

Dónde:

P_{RT} = proporción de vueltas a la derecha en el grupo de carriles

A_{pbT} = ajuste a la fase permitida

P_{RTA} = proporción de vueltas a la derecha que usan la fase protegida

Factor de giro izquierdo de peatones y bicicletas ($f_{L_{pb}}$) (Left Ped Factor)

Según el Manual del Programa Synchro Studio 8 (2011), este factor se calcula en función de la cantidad de peatones y bicicletas que cruzan los movimientos permitidos a la izquierda. El factor tiene en cuenta la cantidad de tiempo verde para los peatones y vehículos, la cantidad de tráfico en sentido contrario y el número de carriles de recepción en sentido descendente.

Se tiene la siguiente fórmula para hallar el factor según Cal y Mayor, R., Cárdenas, J. (2007):

$$f_{L_{pb}} = 1.0 - P_{LT}(1 - A_{pbT})(1 - P_{LTA})$$

Dónde:

P_{LT} = proporción de vueltas a la izquierda en el grupo de carriles

A_{pbT} = ajuste a la fase permitida

P_{LTA} = proporción de vueltas a la izquierda que usan la fase protegida

Flujo de Saturación (S) (Saturated Flow Rate)

Según indica el Manual del Programa Synchro Studio 8 (2011), es la tasa de flujo máximo real para este grupo de carril después de ajustar para todos los factores de interferencia. Las Tasas de flujo saturadas representan la cantidad de carriles multiplicados por la Tasa de flujo saturada ideal y los factores de interferencia causados por vehículos pesados, autobuses, maniobras de estacionamiento, anchos de carril, tipo de área, pendiente y movimientos de giro.

Las tasas de flujo saturado se utilizan en los cálculos de capacidad, retraso, y para los cálculos de optimización.

Según el HCM 2010, el índice de flujo de saturación se basa en:

$$S = S_o * N * (f_w) * (f_{hv}) * (f_g) * (f_p) * (f_{bb}) * (f_a) * (f_{LU}) * (f_{LT}) * (f_{RT}) * (f_{Lpb}) * (f_{Rvb})$$

En donde:

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

S_o = Flujo de saturación básico por carril

N = Número de carriles

f_w = Factor de ajuste por ancho de carriles.

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

f_g = Factor de ajuste por pendiente de acceso.

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

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

f_a = Factor de ajuste por el tipo de área.

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

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

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

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

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

PLANTILLA 2: VOLUME SETTINGS

Factor de ajuste por vehículos pesados (f_{hv}) (Heavy Vehicles)

Según señala Gonzáles, D., Rey, V. (2016), este factor toma en cuenta el espacio adicional que se genera al encontrarse vehículos pesados con respecto a los vehículos livianos. Los valores de este factor se calculan mediante la siguiente ecuación:

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + \%HV(E_T - 1)}$$

Dónde:

$\%HV$ = porcentaje de vehículos pesados del grupo

$E_T = 2.0$ Números de automóviles equivalentes a un camión

Factor de ajuste por bloqueo de buses que paran en el área de la intersección (f_{bb}) (Bus Blockages)

Es aquel que incorpora el transporte público que se paran a dejar o recoger pasajeros hasta 75 m con respecto al cruce peatonal (corriente abajo o arriba). Según el HCM 2010 el tiempo promedio por cada parada de buses es de 14.4 segundos durante una indicación verde; por lo cual se entiende que este factor solo se usa cuando los buses detenidos bloquean el flujo de tráfico. (González, D., Rey, V. (2016)).

$$f_{bb} = \frac{N - \frac{14.4 * Nb}{3600}}{N}$$

Dónde:

N = Número de carriles del grupo / acceso

Nb = Número de buses que paran por hora

Consideraciones:

$$0 \leq Nb \leq 180; f_{bb} \geq 0.050$$

PLANTILLA 3: TIMINGS SETTINGS

Tipo de Giro (Turn Type)

Según señala el Manual del Programa Synchro Studio 8 (2011), el Tipo de giro establece el nivel de protección de giro y asigna los números predeterminados de fase y detector al carril de giro dedicado.

Los tipos de niveles de protección son los siguientes:

1. **Permitido (Perm):** Los movimientos de giro a la derecha o izquierda no están protegidos y los vehículos deben ceder el paso al tránsito como a los peatones en el paso de ellos.
2. **Protegido (Prot):** Los movimientos de giro a la izquierda o derecha están protegidos por una señal dedicada y el tráfico de giro solo se puede mover durante la indicación de la flecha de esta señal.

3. **Permitido + Protegido (pm + pt):** Los movimientos de giro a la izquierda están protegidos durante la indicación de señal protegida (flecha) y se permiten durante la indicación de bola verde.
4. **División (Split):** Izquierda y de frente comparten una sola fase protegida. Este tipo de ajuste de fase se usa comúnmente si un carril se comparte entre el tráfico izquierdo y de frente. La división por fases asegura que los carriles de giro a la izquierda compartidos estén protegidos y ofrezcan un mayor nivel de protección en comparación con los giros a la izquierda permitidos.
5. **NA:** Sin fase seleccionada. Los giros a la izquierda están prohibidos.
6. **Personalizado:** Se selecciona una combinación de fase de giro a la izquierda o derecha no estándar.
7. **Superposición (Over):** Este tipo de giro muestra una flecha hacia la derecha con un movimiento de giro hacia la izquierda protegido en la calle que se cruza.
8. **Permitido + Protegido (pm + ov):** Este giro a la derecha muestra una flecha hacia la derecha con un giro compatible a la izquierda y una indicación de bola verde permitida con la fase directa.
9. **Protegido + superposición (pt + ov):** Este de giro a la derecha muestra una flecha hacia la derecha con el giro compatible hacia la izquierda y el movimiento hacia adelante asociado con el giro a la derecha.
10. **Libre:** Un movimiento de giro a la derecha libre rinde a los peatones y no se le asigna una fase de señal.

Fases Protegidas y Permitidas (Protected and Permitted Phases)

Según el Manual del Programa Synchro Studio 8 (2011), las filas de fase se usan para asignar una o más fases para cada movimiento. Durante las fases protegidas, el tráfico puede moverse sin conflicto. Durante las fases permitidas, el volumen vehicular de giro a la izquierda debe ceder el paso al tráfico que se aproxima y el tráfico a la derecha debe ceder el paso a los peatones. Las fases conflictivas tienen el número de fase que se muestra en rojo.

La codificación que usa el programa por defecto es la estándar Nema que establece el organismo National Electric Manufacturers Association.

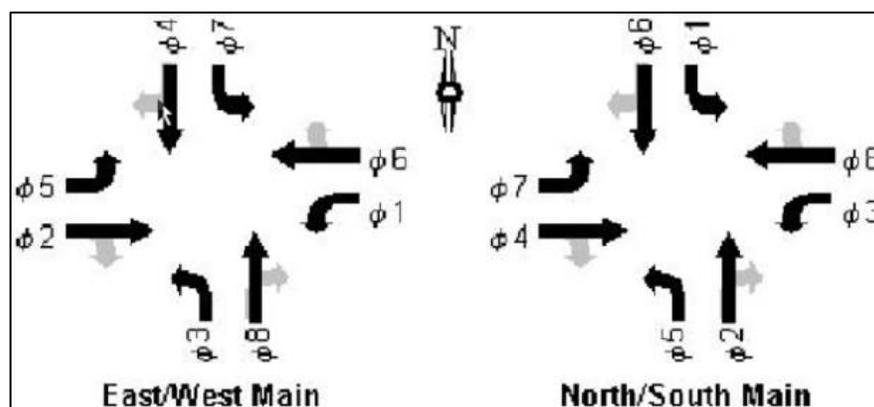


Figura 7: Codificación Nema establecida por el National Electric Manufacturers Association.

Fuente: National Electric Manufacturers Association.

Se observa dos plantillas Este/Oeste Principal y Norte/Sur Principal. Sólo cambian la orientación de los movimientos. Los números pares son movimientos rectos y a la derecha y los impares son a la izquierda. (Ver Figura N°7).

Se define como movimientos principales aquellos que van de sur a norte y viceversa con giro a la derecha y los movimientos secundarios son los que tienen giro a la izquierda.

Modo de Llamada de fase (Recall mode)

Según indica el Manual del Programa Synchro Studio 8 (2011), cada fase puede ser llamada a partir de diferentes criterios que son:

- **No Recall (None):** La fase se puede omitir.
- **Minimum Recall (Min):** La fase siempre dará servicio a la inicial mínima y nunca saltará.
- **Maximum Recall (Máx):** La fase siempre dará servicio a la inicial máxima y nunca saltará.
- **Pedestrian Recall (Ped):** La fase siempre servirá un intervalo de autorización para caminar. La fase no se puede saltar ni abrir hasta que hayan transcurrido los intervalos de caminata y "no caminar".

- **Coordinated Maximum (C-Max):** Se usa solo con señales coordinadas. La fase proporciona su tiempo máximo, comenzando en su hora de inicio programada.
- **Coordinated Minimum (C-Min):** Usado solo con señales coordinadas. La fase sirve su tiempo mínimo, comenzando en su hora de inicio programada. Los movimientos coordinados deben tener detección.

Retardo de control (Control Delay)

Según señala el Manual del Programa Synchro Studio 8 (2011), En Synchro, los retardos de control se usan para analizar los efectos de coordinación, actuación y congestión. El retardo de control es el componente de la demora causada por el dispositivo de control en sentido descendente y no incluye el retardo de la cola.

Demora de cola (Queue Delay)

Según el Manual del Programa Synchro Studio 8 (2011), es un análisis de los efectos de las colas y el bloqueo en enlaces cortos y bahías de corto alcance. Analiza la interacción con otras intersecciones.

Demora total (Total Delay)

Según indica el Manual del Programa Synchro Studio 8 (2011), la demora total es el retardo de control del grupo de carril más el retardo de cola.

Nivel de Servicio (Level of Service)

Según el Manual del Programa Synchro Studio 8 (2011), el nivel de servicio (LOS) para el grupo de carriles se calcula tomando el retardo de intersección señalizado y convirtiéndolo en una letra, entre A y F, en función de la duración de la demora.

PLANTILLA 4: NODE SETTINGS

Tipo de control (Control Type)

Según indica el Manual del Programa Synchro Studio 8 (2011), se refiere a qué tipo de controlador está utilizando. Aquí hay una breve descripción de cada tipo de control de señal:

- **Preprogramado (Pretimed):** Es una señal preprogramada no tiene activaciones del detector y todas las fases están configuradas en máximo. La señal se considera coordinada porque la duración del ciclo se fija en cada ciclo.
- **Semi-accionado-descoordinado (Semi-Actuated-Uncoordinated):** Una señal semi-accionada recuerda la calle principal a través de las fases a sus valores máximos. Otras fases asignadas pueden saltarse o desaparecer en función de la detección del vehículo. Esta señal no se considera coordinada porque la duración del ciclo puede variar en cada ciclo.
- **Accionado descoordinado (Actuated-Uncoordinated):** Todas las fases están completamente accionadas y no se activa ningún retiro. Se permite que la duración del ciclo varíe en cada ciclo (según la detección), por lo que la intersección se considera descoordinada.
- **Coordinado-accionado (Actuated-Coordinated):** En este caso, todas las fases que no sean las coordinadas se accionan completamente.

Capacidad:

Tal como lo señala Cal y Mayor, R., Cárdenas, J. (2007), se define la capacidad en una intersección con control de semáforos para cada acceso o grupo de carriles, como la tasa de flujo máxima que puede pasar a través de la intersección, bajo condiciones del tránsito, de la calle y del semáforo. Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Q = s \left(\frac{g}{C} \right)$$

Dónde:

Q = capacidad del grupo de carriles (veh/hr)

S = tasa de flujo de saturación del grupo de carriles (veh/hr verde)

g = tiempo de verde efectivo para el grupo de carriles (segundos de verde)

C = ciclo del semáforo (segundos)

$\frac{g}{C}$ = factor de ajuste por ancho de carriles

Duración del ciclo (C) (Cycle Length)

Según indica el Manual del Programa Synchro Studio 8 (2011), la duración del ciclo es el tiempo total requerido para dar servicio a todos los movimientos de tráfico competidores en una intersección señalizada o no señalizada. La coordinación corrige la duración del ciclo a un valor constante y asegura que todas las fases de coordinación asignadas utilizan todo el tiempo de holgura no utilizado por las fases accionadas.

Relación v / c máxima (X) (Maximum v/c Ratio)

Tal como lo indica Cal y Mayor, R., Cárdenas, J. (2007), la relación máxima de volumen a capacidad (v / c) de movimiento individual o de grupo de carril más alta de la intersección, utilizando la metodología del HCM 2010.

$$X = \frac{v}{S * \frac{g}{C}}$$

Dónde:

X = Relación volumen a capacidad (grado de saturación)

v = tasa de flujo de demanda actual

S = Flujo de Saturación

g = verde efectivo (s)

C = Longitud total del ciclo semafórico

Valores de X por encima de 1.00 muestran un exceso de demanda sobre la capacidad.

Demora de intersección (Intersection Delay)

Según el Manual del Programa Synchro Studio 8 (2011), el campo demora de intersección muestra el retardo total promedio para la intersección señalizada

y se calcula tomando un promedio ponderado por volumen de todos los retrasos totales.

Se tiene la siguiente fórmula según González, D., Rey, V. (2016):

$$d = d_1 * PF + d_2 + d_3$$

Dónde:

d = Demora media por acceso (segundo/vehículos)

d_1 = Demora uniforme (segundo/vehículos)

d_2 = Demora incremental (segundo/vehículos)

d_3 = Demora inicial (segundo/vehículos)

PF = Factor de ajuste de progresión

Nivel de servicio de intersección (Intersection Level of Service)

Según el Manual del Programa Synchro Studio 8 (2011), se define en términos de demora media por vehículo en cada grupo de carriles. La demora representa para el conductor un tiempo perdido en el viaje, de gasto de combustible, de la frustración y de la molestia.

Para las intersecciones señalizadas, el Nivel de servicio para la intersección se calcula tomando el Retardo de intersección total y convirtiéndolo a un nivel (A-F) usando la Tabla N°08.

Tabla 8: Nivel de Servicio

Nivel de Servicio	Características de la operación	Demora (segundos)
A	Baja demora, sincronía extremadamente favorable y ciclos cortos. Los vehículos no se detienen.	≤ 10
B	Ocurre con una buena sincronía y ciclos cortos. Los vehículos empiezan a detenerse.	$> 10 - 20$
C	Ocurre con una sincronía regular o ciclos largos; los ciclos individuales: empiezan a fallar.	$> 20 - 35$
D	Empieza a notarse la influencia de congestionamientos ocasionados por un ciclo largo y/o una sincronía desfavorable o relaciones v/c altas, muchos vehículos se detienen	$> 35 - 55$
E	Es el limite aceptable de la demora; indica una sincronía muy pobre, grandes ciclos y relaciones v/c mayores, las fallas en los ciclos frecuentes.	$> 55 - 80$
F	El tiempo de demora es inaceptable para la mayoría de los conductores, ocurren cuando los valores de flujo exceden a la capacidad de la intersección o cuando las relaciones v/c son menores a 1 pero con una sincronía muy deficiente y/o ciclos semafóricos largos.	> 80

Fuente: Manual del software Synchro Traffic V8.0, basado en el HCM 2010.

Dispositivos de control en intersecciones

Semáforos

Según el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para calles y carreteras (2016). El color rojo prohíbe el tránsito en una corriente vehicular o peatonal por un tiempo determinado. El color verde permite el tránsito en una corriente vehicular o peatonal por un periodo específico. El color amarillo o ámbar dispone al conductor ceder el paso y detener el vehículo, y no ingresar al cruce o intersección vial.

La regulación y control de la operación de los semáforos se realizan a través de unidades de control de diferentes tipos.

Elementos que componen un semáforo

Consta de dos partes: soporte y cabeza.

- Soporte: Es la estructura que sujeta la cabeza del semáforo de forma que le permita algunos ajustes angulares, verticales y horizontales. Puede ser soporte tipo poste o ménsula.

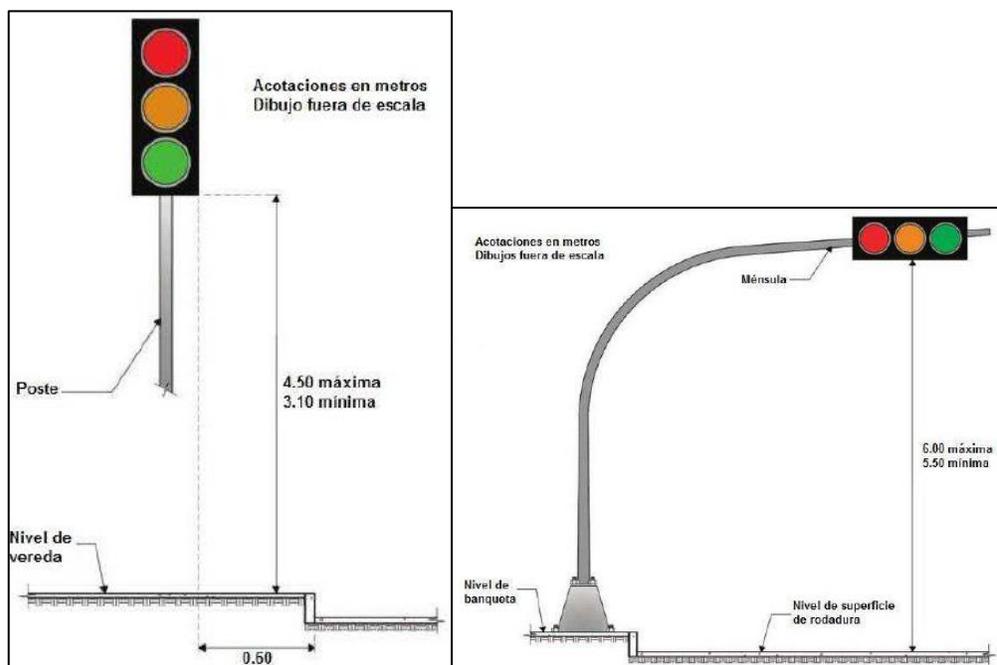


Figura 8: Tipos de soporte de un semáforo

Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito automotor para calles y carreteras

- Cabeza: Es la armadura que comprende las piezas expuestas del semáforo. Cada cabeza contiene un determinado número de caras dirigidas en diversas direcciones.

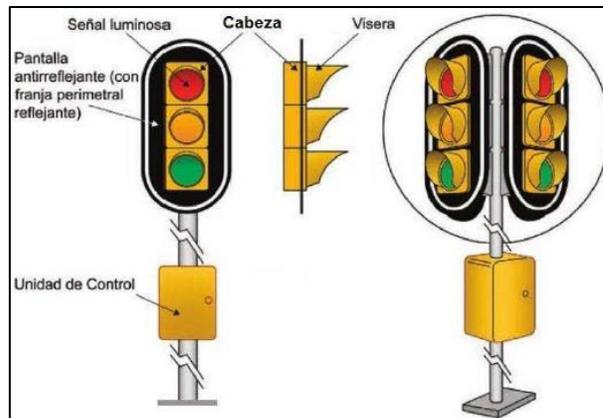


Figura 9: Cabeza de semáforo

Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito automotor para calles y carreteras.

Fases y Tiempos de Semaforización

La semaforización distribuye los tiempos que se le asignará a los semáforos que estén en la intersección mediante un control predeterminado. El funcionamiento de una intersección lo definen los tiempos que se le da a cada semáforo ya que describe el conjunto de parámetros como duración y la secuencia de los tiempos para cada acceso a la intersección, tomándose en cuenta los diferentes movimientos que los vehículos pueden dar en la intersección.

Según Nuñez, Ch., Villanueva, C. (2014), para definir tiempos del semáforo se empieza con determinar las fases en la intersección, luego el ciclo del semáforo y el verde para cada fase, dependiendo de los volúmenes vehiculares que recibe cada fase, también a su vez, se asigna los tiempos que van entre cambio de intervalo, el ámbar y todo rojo. Finalmente, los resultados deben cumplir de tal forma que aseguren el eficiente funcionamiento del semáforo tanto para vehículos, como para peatones que circulan en la intersección.

El tráfico varía según las avenidas, puede haber más en una que en la otra, entonces los tiempos de semáforo que se le asignen también varían según ellos.

Diseño de Semáforo

Tal como indican Nuñez, Ch., Villanueva, C. (2014), el objetivo de la determinación de fases es minimizar los problemas generados por los movimientos peatonales y vehiculares en la intersección. El número de fases se determinará tomando en cuenta los problemas a eliminar de la intersección. Comúnmente se producen problemas por ejemplo en el giro a la derecha, el cual implica conflicto con el cruce peatonal, o el giro a la izquierda que implica conflicto con el flujo vehicular en dirección opuesta.

A mayor número de fases se asegura una intersección sin conflictos, pero al tener más fases también incrementa las demoras. La demora aumenta por diversos factores siendo lo más resaltante primero la mayor acumulación de tiempo entre el inicio del verde y el paso del primer vehículo de la cola, y segundo, la acumulación de tiempos de transición entre fases.

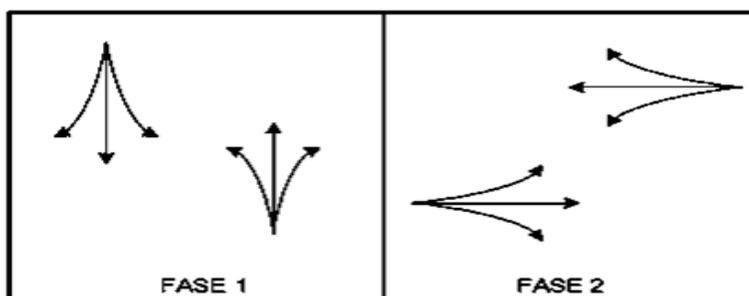


Figura 10: Fases clásicas para una intersección común de cuatro entradas – 2 fases

Fuente: Elaboración propia

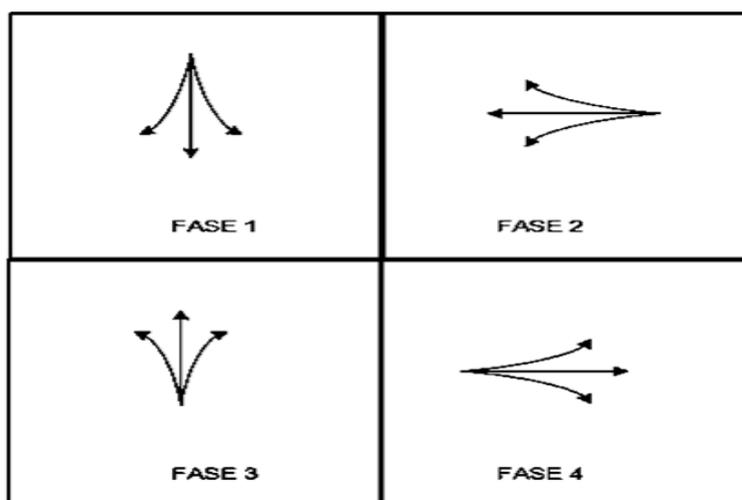


Figura 11: Fases clásicas para una intersección común de cuatro entradas – 4 fases

Fuente: Elaboración propia

Optimización Longitud del Ciclo de la Intersección

Según el Manual del Programa Synchro Studio 8 (2011), la duración del ciclo natural es la longitud más bajo del ciclo aceptable para un funcionamiento de la intersección de forma independiente.

Longitud del ciclo

La duración del ciclo natural será una de tres posibilidades:

1. Más corta longitud de ciclo que limpia el tráfico crítico percentil.
2. Duración del ciclo con el índice de desempeño más bajo, siempre y longitud menor ciclo PI es más corta que la duración del ciclo que se encuentra en (1). Esta opción se utiliza para dar ciclos razonables para intersecciones más de capacidad.
3. Si no hay ningún ciclo es capaz de limpiar el tráfico crítico percentil, pero un ciclo más corto es capaz de dar proporciones satisfactorias v/c , se utilizará la longitud del ciclo más corto. Este es un caso especial para manejar las intersecciones de capacidad cerca con giros a la izquierda permitidos.

Synchro comienza con una longitud de ciclo corto y optimiza las divisiones para que la duración del ciclo. Si las divisiones para cada fase no son capaces de eliminar el tráfico crítico percentil, Synchro intentará un ciclo superior largo hasta que el tráfico crítico percentil se borra. Para el ciclo de longitudes por encima de 90, el V proporciones / c sólo tendrá que ser inferior a 1. Si no se encuentra la duración del ciclo aceptable, la longitud del ciclo se establece en la duración del ciclo con la PI más bajo. La Tabla N°09 muestra el aceptable tráfico crítico percentil para cada rango de duración de los ciclos.

Tabla 9: Aceptable tráfico crítico Percentil de Ciclo Largo

Ciclo largo	Críticos Percentiles de Tráfico
40-60	90a
61-90	70a
91+	50 ($v/c > 1$)

Fuente: Manual del software Synchro Traffic V8.0, basado en el HCM 2010.

¿Por qué optimizar de los Críticos Percentiles de tráfico?

Mediante la optimización de acomodar los flujos de percentiles, Synchro no recomendará ciclos de cortas longitudes a menos que haya capacidad extra para acomodar las fluctuaciones de tráfico. En las versiones anteriores de Synchro, la optimización de la duración del ciclo sólo intentó encontrar proporciones aceptables v / c . En algunos casos, Synchro recomiendan longitudes de ciclo que se consideraban demasiado cortos. En un volumen bajo, el tráfico puede ser muy variable y se necesita una baja relación v / c . Si 2 vehículos por ciclo se esperan, es muy probable que tenga 4 vehículos en algunos ciclos. Para dar cabida a estos adicionales vehículos, 8 segundos de verde se necesita más que 4 y la relación a / c de 0.50. Al observar flujos de percentiles, Synchro pueden estar más seguros de que todos los vehículos serán manejados en ciclos ocupados cuando se utilizan longitudes de ciclo cortos.

Índice de Desempeño

La mejor duración del ciclo se encuentra calculando un índice de desempeño. Las versiones anteriores de Synchro incluían un componente pena de puesta en cola dentro de la PI. Esto ahora se registran directamente con el Total de retardo, que incluye Queue Delay.

El PI se calcula como sigue:

$$PI = [D * 1 + St * 10] / 3600$$

Dónde:

PI = índice de rendimiento

D = Total Delay (s)

St = Vehículos Estaciones (VPH)

El retardo total anterior incluye el retardo de control, más la cola de retardo. Cuando varias zonas están optimizadas, los márgenes de exposición suponen que las intersecciones de las zonas adyacentes no están coordinadas.

El uso de un período de análisis ya tiende a favorecer a longitudes de ciclo más largos en la duración del ciclo de red optimización. Vehículos no atendidos se retrasarán en promedio por medio del período de análisis. (Vehículos individuales no tienen un retraso de este largo, pero se afectan el acumulado de

retrasos añadidos). Con un período de análisis más larga, que sirve como muchos vehículos como sea posible tiende a dominar más de reducir los retrasos uniformes por tener longitudes de ciclo más cortos. Congestión duradera durante 1 hora o más tiende a favorecer a longitudes de ciclo más largos que la congestión punta durante 15 minutos.

Demarcaciones o Marcas en el pavimento

Según el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para calles y carreteras (2016), las Marcas en el Pavimento o Demarcaciones, constituyen la señalización horizontal y está conformada por marcas planas en el pavimento, tales como líneas horizontales y transversales, flechas, símbolos y letras, que se aplican o adhieren sobre el pavimento, sardineles, otras estructuras de la vía y zonas adyacentes.

Se emplean para delimitar carriles y calzadas, indicar zonas con y sin prohibición de adelantar o cambiar de carril, zonas con prohibición de estacionamiento; delimitar carriles de uso exclusivo para determinados tipos de vehículos tales como carriles exclusivos para el tránsito de bicicletas, motocicletas, buses y otros.

La Marcas en el Pavimento, también tienen por finalidad complementar los dispositivos de control del tránsito, tales como las señales verticales, semáforos y otros, puesto que tiene la función de transmitir instrucciones y mensajes que otro tipo de dispositivo no lo puede hacer de forma efectiva.

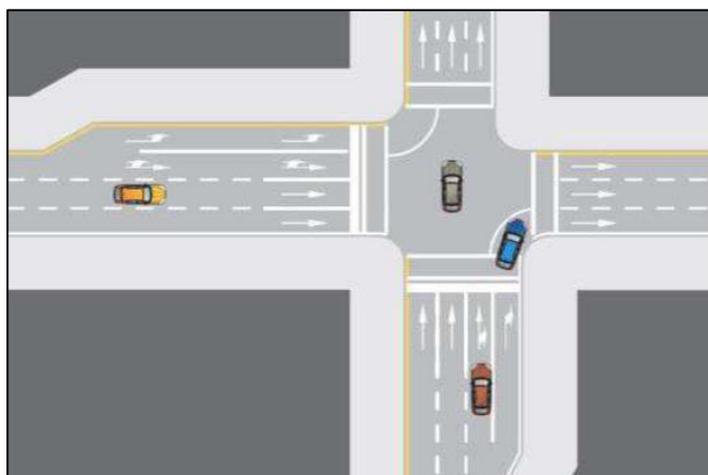


Figura 12: Marcas en el pavimento

Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito automotor para calles y carreteras.

2.3. Definición de Términos

- **Volumen:** Es el número de vehículos que pasan por un punto durante un tiempo específico. (Cal y Mayor, R., Cárdenas, J. 2007).
- **Tasa de flujo:** Es la frecuencia a la cual pasan los vehículos durante un tiempo específico menor a una hora, expresada como una tasa horaria equivalente. (Cal y Mayor, R., Cárdenas, J. 2007).
- **Demanda:** Es el número de vehículos que desean viajar y pasan por un punto durante un tiempo específico. Donde existe congestión, la demanda es mayor que el volumen actual, ya que algunos viajes se desvían hacia rutas alternas y otros simplemente no se realizan debido a las restricciones del sistema vial. (Cal y Mayor, R., Cárdenas, J. 2007).
- **Capacidad:** Es el número máximo de vehículos que pueden pasar por un punto durante un tiempo determinado, es una característica del sistema vial. En un punto, el volumen actual nunca puede ser mayor que su capacidad real, sin embargo, hay situaciones en las que parece que esto ocurre precisamente debido a que la capacidad es estimada o calculada mediante algún procedimiento y no observada directamente en campo. (Cal y Mayor, R., Cárdenas, J. 2007).

“La demanda es una medida del número de vehículos que esperan ser servidos, distinto de los que son servidos (volumen) y de los que pueden ser servidos (capacidad)”. (Cal y Mayor, R., Cárdenas, J. 2007).
- **Velocidad:** Se define como la relación entre el espacio recorrido y el tiempo que se tarda en recorrerlo. Es decir, para un vehículo representa su relación de movimiento, usualmente expresada en km/h. (Cal y Mayor, R., Cárdenas, J. 2007).
- **HCM 2010:** Highway Capacity Manual (Metodología del Manual de Capacidad de Carreteras - versión 2010).

- **TRB:** Transportation Research Board (Consejo de Investigación sobre el Transporte de los Estados Unidos).
- **LOS:** Level of service (Nivel de Servicio) término utilizado en el Highway Capacity Manual 2010. (Manual del Programa Synchro Studio 8, 2011).
- **Nivel de servicio:** El nivel de servicio de una intersección con semáforos se define a través de las demoras, las cuales representan para el usuario una medida de tiempo perdido de viaje, del consumo de combustible, de la incomodidad, y de la frustración. Específicamente el nivel de servicio se expresa en términos de la demora media por vehículo debido a las detenciones para un período de análisis de 15 minutos, considerado como periodo de máxima demanda. (Cal y Mayor, R., Cárdenas, J. 2007).
- **Semáforos:** Son dispositivos eléctricos que tienen como función ordenar y regular el tránsito, de vehículos y peatones en calles y carreteras por medio de luces generalmente de color rojo, amarillo y verde, operadas por una unidad de control. (Cal y Mayor, R., Cárdenas, J. 2007).
- **Fase del semáforo:** Parte del ciclo semafórico asignada a cualquier combinación de uno o más movimientos que reciben simultáneamente el derecho de paso, durante uno o más intervalos. (Cal y Mayor, R., Cárdenas, J. 2007).
- **Ciclo semafórico:** Es el tiempo necesario para que el indicador del semáforo efectúe una revolución completa. (Cal y Mayor, R., Cárdenas, J. 2007).
- **Cola:** También denominada fila o línea de espera cuando se genera cuando los usuarios (vehículos) llegan a una intersección con semáforos, la prestación del servicio para cada llegada toma cierto tiempo. (Cal y Mayor, R., Cárdenas, J. 2007).

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y diseño de la investigación.

Tipo de investigación.

Según la naturaleza de los objetivos, el tipo de investigación que se realizó fue una investigación Explicativa, ya que se pretendió explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se daba éste.

Diseño de investigación.

El diseño de investigación fue el Diseño de campo. Las prácticas, entendidas como investigación aplicada, son experiencias de investigación con propósitos de resolver o mejorar una situación específica o particular, para comprobar un método o modelo mediante la aplicación innovadora y creativa de una propuesta de intervención. (Vargas, Z. (2009)).

3.2. Acciones y actividades.

La metodología utilizada estuvo basada en el Manual de Capacidad de Carreteras (HCM 2010). “Metodología de análisis operacional para intersecciones semaforizadas”

Para la elaboración de esta tesis se realizaron las actividades que se describen a continuación:

- Primero se comenzó con la búsqueda y elección de la intersección vial, que cumpla con las condiciones necesarias para ser analizada, como son:
 - Conteos vehiculares en la intersección
 - Características geométricas
 - Fases y tiempos de semaforización
 - Condiciones de tráfico

- Se solicitó información a la Municipalidad Provincial de Tacna a través de un documento por ley de transparencia al Área de Catastro de la Gerencia de Desarrollo Urbano para facilitación de mapa de zonificación, secciones viales, PDU, plano básico de la ciudad. (Ver anexo N°04)

- Luego de la elección de la intersección, se decidió que información serían indispensables a recoger mediante trabajo de campo como:
 - Ancho de carriles
 - Conteos vehiculares
 - Tiempos de semáforos
 - Entre otros datos

- Una vez finalizada la decisión del tipo del registro de datos, la toma de datos se realizó durante una semana por periodos de 7:00 a.m. - 9:00 a.m., de 12:00 a.m. – 2:00 p.m., y de 6:00 p.m. – 8:00 p.m.

- Luego se pasó a un trabajo de gabinete para determinar la hora pico y hacer un análisis de la información recolectada obteniendo los volúmenes vehiculares.

- El software Synchro Traffic 8.0 se empleó para la representación actual del tráfico así mismo lograr caracterizar el modelo basado en la metodología HCM 2010, que con la información recolectada en campo y volúmenes de la hora pico, se hizo una simulación de la intersección en estudio y así se pudo hacer un mejor análisis del flujo vehicular, para la determinación del grado de saturación y del nivel de servicio.

- Finalmente se realizó una interpretación de los resultados conseguidos para posteriormente proponer medidas o soluciones que ayuden a mejorar el actual estado de la intersección.

En resumen, la información sobre los conteos vehiculares se consiguió mediante el aforo manual desarrollado en el cruce de las avenidas Bolognesi con Gustavo Pinto y durante la fase de recopilación de datos se obtuvo información de trabajo en campo y se solicitó información a la Municipalidad Provincial de Tacna. La información conseguida fue procesada en base a la metodología del Manual HCM. De la misma manera, se usó como instrumento esencial el programa de simulación del tráfico Synchro Traffic 8.0 que ayudó a examinar analíticamente la

tesis. Para finalizar, se propuso soluciones que estén conforme al estado actual de la intersección con un enfoque crítico y técnico.

3.3. Materiales y/o instrumentos

Para recopilar la información se emplearon los siguientes instrumentos de trabajo:

- Cintas métricas
- Cronómetros
- Cámaras filmadoras
- Lapiceros

Para procesamiento de datos:

- Software Synchro Traffic 8.0

3.4. Población y/o muestra de estudio

Debido al estudio de investigación el proyecto “Flujo vehicular en la intersección vial de la Av. Bolognesi y la Av. Gustavo Pinto en la ciudad de Tacna” tiene como población al flujo vehicular que pasa por la intersección y la muestra de estudio es el flujo vehicular que pasa en la hora pico.

3.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

En base a la información disponible y a la recolectada en campo se analizó el flujo vehicular existente en la intersección vial de la Av. Bolognesi y la Av. Gustavo Pinto en la ciudad de Tacna. Y como técnica de procesamiento se utilizó el programa Synchro Traffic 8.0.

CAPÍTULO IV: GENERALIDADES

Las avenidas Bolognesi y Gustavo Pinto son actualmente unas de las arterias más concurridas en la ciudad de Tacna y con un apogeo comercial notable como se puede apreciar en el alto tráfico en la intersección en estudio.

Según el Diario El Peruano en su artículo: “Expectativas del futuro” afirma que 342 mil habitantes es la población actual de la región Tacna.

4.1. Ubicación

El lugar de estudio es la intersección vial comprendida entre la Av. Bolognesi y la Av. Gustavo Pinto, en el distrito de Tacna, Provincia y Región Tacna.

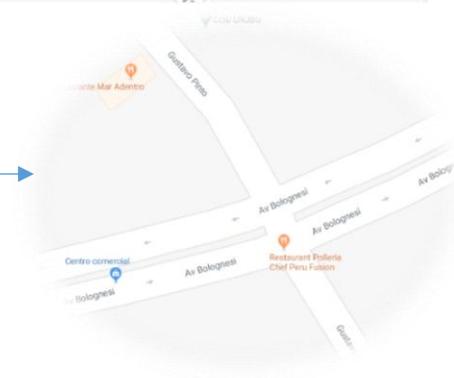
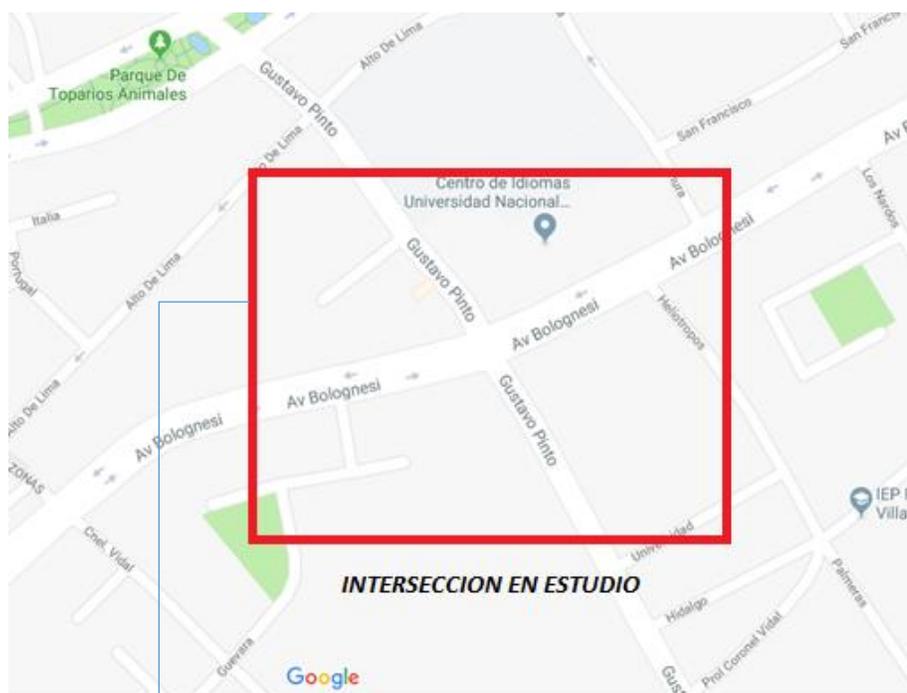


Figura 13: Ubicación de la zona de estudio

Fuente: Google Maps

A la intersección llegan 4 accesos de entrada que son los siguientes:

- **Acceso Dirección Noroeste (NO):** Comprende el tramo de la Av. Gustavo Pinto hacia Natividad.
- **Acceso Dirección Suroeste (SO):** Comprende el tramo de la Av. Bolognesi hacia Calle Piura.
- **Acceso Dirección Sureste (SE):** Comprende el tramo de la Av. Gustavo Pinto hacia calle Alto Lima.
- **Acceso Dirección Noreste (NE):** Comprende el tramo de la Av. Bolognesi hacia el centro de Tacna.

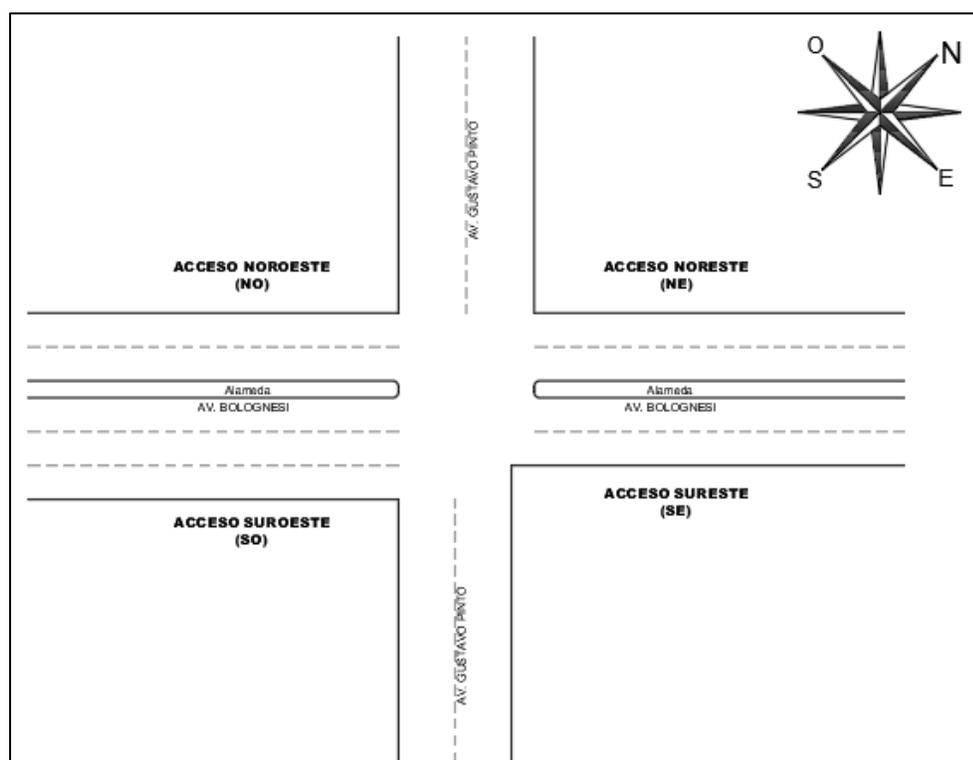


Figura 14: Accesos de entrada a la intersección

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10: Coordenadas UTM de la intersección vial.

	X	Y	Z
Coordenadas			
UTM	368468	8008240	600

Fuente: Elaboración propia

4.2. Antecedentes históricos

Se hace una breve reseña histórica de las avenidas Gustavo Pinto y Bolognesi ya que son las avenidas que forman la intersección vial en estudio.

HISTORIA DE LA AVENIDA GUSTAVO PINTO

Según la entrevista realizada al Dr. Luis Vicente Cavagnaro Orellana (Historiador Tacneño) el día 18/01/2018, previa al análisis de la zona en estudio, se hace necesario puntualizar la afirmación: "Respecto a la Av. Gustavo Pinto es un asunto curioso. Hasta 1950 era una "miserable cuadrita" y considerada entre la calle Alto Lima y el cauce del río Caramolle "el basurero de Tacna".

En tiempo del gobierno del Presidente Manuel A. Odría se hizo la Gran Unidad Escolar Francisco Antonio de Zela, ampliándose la calle hasta la Avenida Bolognesi.

En la gestión del ex Alcalde Humberto Cúneo Bacigalupo se cegó el cauce del río Caramolle y se formó la Avenida Leguía, es entonces así que comenzó a habilitarse el callejón que iba desde el cauce del río Caramolle al Matadero.

La formación de los pueblos jóvenes Francisco Paula Vigil y Natividad demandó la prolongación de la calle en la Avenida que es hoy. La avenida que atraviesa la ciudad del cerro Arunta al cerro Intiorko tiene el nombre de un tacneño cuyos méritos no daban para esa arteria tan principal. Al analizar la Av. Pinto podemos darnos cuenta de que es muy relevante la evolución de esta avenida.

HISTORIA DE LA AVENIDA BOLOGNESI

Asimismo, el Dr. Luis Vicente Cavagnaro Orellana nos informa que, la Avenida Bolognesi lleva ese nombre en homenaje al héroe nacional del Perú Francisco Bolognesi Cervantes tras fallecer defendiendo al país de las tropas chilenas en la Batalla de Arica.

Discurre por el subsuelo de esta avenida debidamente canalizado el río Caplina. La avenida Bolognesi la conforma en todo su trayecto la alameda que fue construida en el año 1840 por el General Manuel de Mendiburu quien fue la primera autoridad política

tacneña, realizando significativas obras que convirtieron a la ciudad de Tacna en una de las más importantes de la República.

La Avenida Bolognesi tiene actualmente una extensión aproximada de 20 cuadras. Está en forma paralela al Paseo Cívico de la ciudad de Tacna.

“La principal arteria comercial de Tacna, la avenida Bolognesi, recibe cada fin de semana a cientos de turistas de las ciudades “nortías” de Chile, que llegan atraídos por los precios de este lado de la frontera. Una oferta turística, gastronómica y también de servicios médicos y oftalmológicos” ... (Diario Oficial del Bicentenario El Peruano, Artículo del 27/08/2017).

4.3. Zonificación

La Figura N°15 señala la clasificación de uso del suelo que utiliza la Municipalidad Provincial de Tacna en el Plan de Desarrollo Urbano Tacna 2015 – 2025. Seguidamente, la Figura N°16 pertenece a la zona de estudio, clasificada según el cuadro de leyendas expuesto en la Figura N°15.



Figura 15: Clasificación de Uso de suelos según Municipalidad Provincial de Tacna.

Fuente: Plano de Zonificación - Plan de Desarrollo Urbano Tacna 2015 – 2025.



Figura 16: Zonificación de la zona de estudio.

Fuente: Plano de Zonificación - Plan de Desarrollo Urbano Tacna 2015 – 2025.

Tal y como delimita la Municipalidad Provincial de Tacna, la zona de estudio comprende zonas como:

- Zona de Servicios Públicos Complementarios Educación (Leyenda: color azul), en jerarquía por la ubicación de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann en la intersección de la Av. Bolognesi con la Av. Gustavo Pinto.
- Zona Comercial (Leyenda: color fucsia), en segundo nivel de preponderancia, destinada a los lotes que se encuentran alrededor de la Av. Bolognesi.
- Zona Residencial Alta Densidad (Leyenda: color naranja) en menor proporción, destinada a zonas específicas dentro de la zona de estudio, y que abarcan, sobre todo el recorrido de la Av. Gustavo Pinto.
- Y, por último, la Zona de Recreación Pública (Leyenda: color verde), que representa la Alameda Bolognesi, la cual va en medio del recorrido y trazado de la Av. Bolognesi.

De acuerdo con el análisis del Uso de suelos, se determina la presencia de equipamientos comerciales y de educación en mayores proporciones dentro de la zona de estudio, lo cual ha causado el incremento significativo del flujo vehicular, ya sea particular como público, y, por ende, ha provocado un impacto vial no previsto o proyectado por las gestiones municipales, que se ve reflejado en la saturación o colapso de vías en horas punta.

4.4. Datos importantes de la Ciudad de Tacna

Crecimiento Poblacional:

Con la información recolectada a través del PDU 2014-2023 (Tabla N°11), se puede observar que la población de la ciudad de Tacna aumenta progresiva y aceleradamente, lo cual nos indica que las Avenidas en estudio deberían estar en condiciones óptimas para poder ser transitadas y así satisfacer correctamente la necesidad de los habitantes por movilizarse de un lugar a otro de manera eficaz (Ver figura N°17).

Tabla 11: *Crecimiento Poblacional de la Ciudad de Tacna*

DISTRITOS	POBLACIÓN POR AÑOS			
	1981	1993	2007	2013 (2)
Tacna	97 173	117 168	94 428	93 818
Alto de la Alianza	(1)	26 872	35 439	36 906
Ciudad Nueva	(1)	26 178	34 231	38 400
Pocollay	1 359	10 445	17 113	19 836
Crnl. Gregorio Albarracín	(1)	(1)	68 989	90 789
TOTAL	98 532	180 663	250 200	293 784

Fuente: INEI, Censos Nacionales de Población y Vivienda 1993 y 2007

Nota: (1) Distritos que no estaban aún constituidos.

(2) Estimaciones y proyecciones realizadas por el equipo PAT-PDU 2014-2023

Elaboración: Equipo Técnico PAT – PDU 2014 – 2023

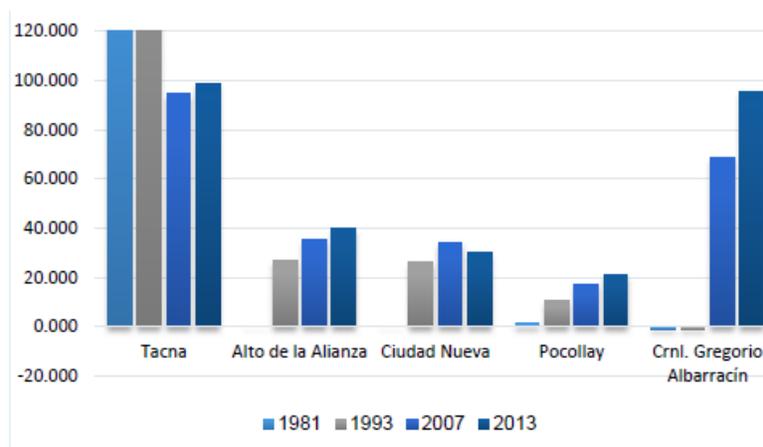


Figura 17: Tendencias de Crecimiento 1981 - 2013

Fuente: INEI, Censos Nacionales de Población y Vivienda 1993 y 2007

Elaboración: Equipo Técnico PAT – PDU 2014 – 2023

Ejes de Integración y Articulación Funcional del Sistema de Transporte:

Las Vías Principales: Son aquellas que articulan las actividades principales del centro urbano, ya sea centro político administrativo, grandes equipamientos, áreas de acopio y comercialización, entre otros. Entre las principales en la ciudad de Tacna tenemos a la Av. Bolognesi, Jorge Basadre, Pinto, Basadre y Forero, etc. A continuación, se muestra la Tabla N°12, la cual es un fragmento de la Tabla N°44 (del PDU 2014-2023 de la ciudad de Tacna) donde solo mostraremos las vías en estudio.

Tabla 12: Ejes de Integración y Articulación Funcional

DENOMINACIÓN	ARTICULACIÓN
Av. Leguía y Av. Bolognesi – Av. Grau	A diferentes zonas de la ciudad de manera longitudinal, zonas de recreación pasiva y actividades.
Av. Pinto y Av. Patricio Meléndez	A diversas zonas de la ciudad de manera transversal. Zonas comerciales de la ciudad.

Fuente: Trabajo de Campo del Equipo Técnico PAT – PDU 2014 – 2023

Intersecciones Viales Críticas:

En los Ejes anteriormente mencionados se han registrado nodos conflictivos bajo dos conceptos: inadecuado diseño vial y/o nodos conflictivos por flujos de tránsito intensos en términos de cantidad y frecuencia, que en su mayoría forman parte del circuito vial de transporte público. En la siguiente Tabla N°13 se aprecia las intersecciones viales críticas con respecto únicamente a la Av. Bolognesi, la cual fue una extracción de la Tabla N°45 (del PDU 2014-2023 de la ciudad de Tacna).

Tabla 13: Intersecciones Viales Críticas según Tipo de Transporte

CÓDIGO	INTERSECCIONES	PÚBLICO	PRIVADO	TOTAL
I-A1	Av. Cuzco	759	482	1241
I-A2	Ca. Arica/ Ca. Chiclayo	771	345	1116
I-A3	Ca. Billingurst	1390	532	1922
I-A4	AV. Ca. Miller	796	247	1043
I-A5	BOLOGNESI Av. Patricio Meléndez	1113	325	1438
I-A6	Ca. Gral. Vizquerra	786	248	1034
I-A7	Ca. Gral. Varela	392	247	639
I-A8	Av. Pinto	555	413	968

Fuente: Trabajo de Campo del Equipo Técnico PAT – PDU 2014 – 2023

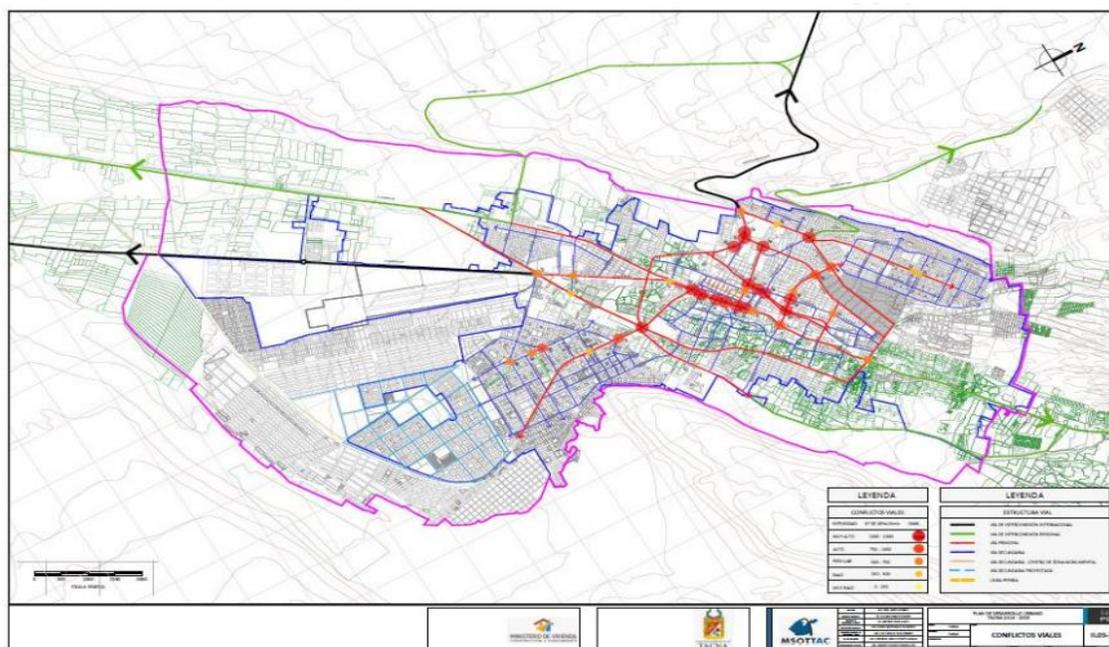


Figura 18: Plano de Intersecciones viales críticas de la ciudad de Tacna

Fuente: Equipo Técnico PAT – PDU 2014 – 2023

Asimismo, se muestra el plano de intersecciones viales críticas de la ciudad de Tacna en la Figura N°18.

Transporte en Tacna:

Con relación al sistema de transporte, Tacna presenta el octavo mayor parque automotor del Perú, compuesto aproximadamente por más de 40 000 vehículos en el año 2010. Se estima que mayor parte de los desplazamientos en la ciudad ocurren en transporte público (65%), sin embargo, el sistema de transporte público actual presenta muchos problemas, entre los cuales se pueden destacar:

- Baja calidad y seguridad de los servicios de transporte
- Informalidad de los operadores
- Rutas duplicadas
- Rutas diseñadas en anillos
- Exceso de oferta de servicio en el centro de la ciudad (saturan las vías y contaminan la atmosfera)
- Falta de oferta en zonas periféricas
- Antigüedad de los vehículos
- Falta de paraderos y terminales autorizados

Tabla 14: Parque Automotor en Circulación a Nivel Nacional, según Departamento, 2004 – 2012

Departamento	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Total	1 361	1 440	1 473	1 534	1 640	1 732	1 849	1 979	2 137
	403	017	530	303	970	834	690	865	837
Lima y Callao	866	885	912	957	1 036	1 106	1 195	1 287	1 395
	881	636	763	368	850	444	353	454	576
La Libertad	97 590	153	152	153	155	156	158	162	167
		777	847	251	411	646	672	026	325
Arequipa	78 858	79 544	81 293	84 829	91 674	98 270	106	118	134
							521	985	533
Junín	43 468	43 648	44 454	46 091	47 769	49 404	51 094	53 118	56 237
Lambayeque	37 967	38 263	38 744	39 930	41 920	43 689	45 881	49 440	53 902
Cusco	35 342	35 705	36 204	37 592	39 688	42 175	45 090	48 491	53 675
Tacna	30 549	31 119	32 011	33 944	35 911	38 457	40 465	42 318	44 430
Piura	31 731	31 734	31 828	32 314	33 497	34 650	36 367	39 099	42 404
Puno	25 642	25 874	26 452	28 062	29 889	31 645	34 169	37 074	40 543
Ica	22 692	22 753	22 834	23 170	25 498	25 691	26 135	26 419	26 551

Áncash	19 293	19 382	19 757	20 354	21 001	21 309	22 086	23 322	25 418
Cajamarca	8 882	9 501	10 256	11 255	12 383	13 563	15 107	17 320	19 673
Moquegua	9 417	9 622	10 394	11 418	12 202	12 692	13 348	14 003	14 608
Huánuco	10 968	10 886	10 836	10 892	11 255	11 382	11 864	12 576	13 476
San Martín	10 277	10 156	10 033	9 969	9 917	9 977	10 151	10 418	10 926
Ucayali	7 327	7 255	7 212	7 383	7 441	7 441	7 481	7 679	7 987
Pasco	4 772	5 232	5 514	6 075	6 807	7 187	7 351	7 292	7 238
Ayacucho	3 882	3 919	3 969	4 153	5 404	5 572	5 716	5 784	5 941
Loreto	5 336	5 286	5 215	5 154	5 132	5 089	5 089	5 211	5 313
Apurímac	3 730	3 816	3 879	3 916	3 934	3 973	3 969	3 966	4 039
Tumbes	2 958	3 009	3 025	3 042	3 040	3 054	3 086	3 119	3 257
Amazonas	1 975	2 020	2 103	2 168	2 218	2 292	2 390	2 407	2 400
Huancavelica	1 043	1 061	1 080	1 103	1 216	1 291	1 319	1 317	1 323
Madre de Dios	823	819	827	870	913	941	986	1 027	1 062

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

Transporte Urbano:

El transporte urbano se refiere al traslado de pasajeros y bienes dentro de la ciudad; el mismo que se puede subdividir en transporte público y privado.

En la ciudad de Tacna el transporte público está organizado en 33 rutas de transporte, en las que operan 949 vehículos (combis y minibuses), a esto se suma las unidades que realizan el servicio de Taxi generando una gran congestión de las vías principales de la ciudad; sobre todo en las horas pico.

Dichas rutas cuentan con itinerario y datos operacionales obtenidos de manera empírica sin metodología que justifique el diseño de la ruta, número de vehículos, así como otros datos operacionales (velocidad, frecuencia, etc.). Asimismo, encontramos que el parque automotor de servicio público en Tacna cuenta con:

Tabla 15: Unidades Vehiculares Servicio de Taxi-2012

CLASE	AÑO 2012
Total	6542
Radio Taxi	48
Comité de Taxis	19
Asociación de Taxis	21

Fuente: Sub Gerencia de Transporte Público - MPT

Elaboración: Equipo Técnico PAT- PDU 2014-2023

Tabla 16: Servicio de Transporte Público de Microbuses - 2011

CLASE	AÑO 2011
Total	699

Fuente: Sub Gerencia de Transporte Público - MPT

Elaboración: Equipo Técnico PAT- PDU 2014-2023

Tabla 17: Servicio de Transporte Público de Combis - 2011

CLASE	AÑO 2011
Total	418

Fuente: Sub Gerencia de Transporte Público - MPT

Elaboración: Equipo Técnico PAT- PDU 2014-2023

Semaforización:

Según el PDU 2014- 2023, en la ciudad de Tacna la clase de semáforos que existe son los pre sincronizados, definidos como dispositivos para el control. Las características de optación de los semáforos pre sincronizados, tales como duración de ciclo, intervalo, secuencia, desfaseamiento, etc. pueden ser cambiadas de acuerdo con un programa determinado.

En cuanto al uso estos semáforos se adaptan mejor a las intersecciones donde los patrones de tránsito que se registran pueden tener cabida mediante una programación pre sincronizada sin causar demoras o congestiones no razonables. El incremento del parque automotor de Tacna en los últimos 7 años ha incrementado la cantidad de semáforos de 29 unidades al año 2007 a 79 unidades al año 2013, que representa más del 250 %, incrementando el tiempo de recorrido en el centro de la ciudad.

4.5. Características geométricas de la intersección vial

El fin de definir las características geométricas que determinan las vías urbanas que confluyen en la intersección vial de la Av. Bolognesi con la Av. Gustavo Pinto, es saber la condición de cada vía en la intersección, la situación actual en la que todos sus elementos se encuentran, por ejemplo: las veredas, calzadas, bermas, señalización horizontal y vertical, etc. Posteriormente detalladas las características viales se procede con las mediciones de la infraestructura vial en mención.

La intersección vial está integrada por cuatro accesos, cada uno con sus carriles respectivos, que se muestran a continuación:

- **Noroeste:**
2 carriles de ingreso (Av. Gustavo Pinto), representado por una flecha color rojo.
- **Suroeste:**
3 carriles de ingreso (Av. Bolognesi), representado por una flecha color celeste.
- **Sureste:**
1 carril de ingreso (Av. Gustavo Pinto), representado por una flecha color verde.
- **Noroeste:**
2 carriles de ingreso (Av. Bolognesi), representado por una flecha color fucsia.



Figura 19: Vista en planta de la intersección vial

Fuente: Google Earth

Para determinar las diversas características de la zona de estudio, como en este caso las características geométricas de los diferentes accesos pertenecientes a la intersección vial, se utilizaron datos medidos en campo, así como fuentes provenientes de la Municipalidad Provincial de Tacna y también se empleó los programas Google Earth y Google Maps, cabe mencionar que todos los accesos son semaforizados.

Acceso Noroeste:

Para la identificación de la cantidad de carriles que cuenta este acceso se hizo una inspección visual en campo, donde se pudo observar que por la Avenida Gustavo Pinto circulaban 2 filas de vehículos. Asimismo, se vio que su pavimento se encuentra en estado regular ya que presenta algunos baches a lo largo de la vía y finalmente se puede notar que el camino urbano en mención no cuenta con señalización horizontal.

Por ende, se tomó la decisión de verificar la cantidad de carriles por medio del programa Google Maps, el cual tiene un registro de imágenes capturadas con respecto al mes de octubre del año 2014. Se puede observar en la vista (Figura N°20) que la demarcación horizontal se encuentra en buen estado y donde se nota claramente la presencia de 2 carriles.



Figura 20: Acceso Noroeste en Google Maps (Octubre 2014)

Fuente: Google Maps (Captura de imágenes: Octubre 2014)

El acceso Noroeste (Av. Gustavo Pinto) posee una calzada de 10.80 m. con cada carril de 3.60 m. y 1.50 m. de vereda en ambos lados para uso peatonal, lo cual se representa en la figura N°21, Asimismo se puede observar que por dicha avenida en mención no existe la presencia de paradero ni estacionamiento.

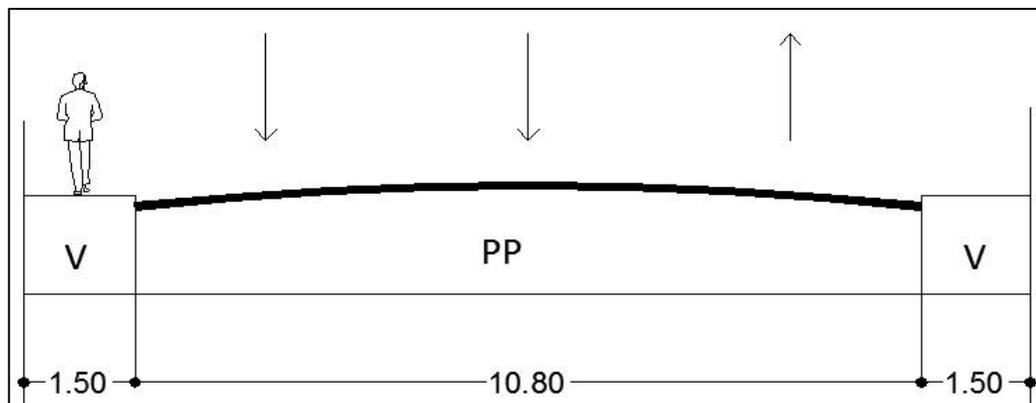


Figura 21: Sección Vial del Acceso Noroeste (Av. Gustavo Pinto)

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede ver en la imagen anteriormente mostrada, esta avenida tiene 2 sentidos, por donde transitan vehículos tanto livianos como pesados.

Con respecto a la pendiente, se utilizó como base el programa Google Earth, trazando en él la avenida y colocando el cursor en el lugar de la entrada a la intersección, tal como lo muestra la figura N°22. En el caso de este acceso se puede notar que el terreno es relativamente plano, dando, así como resultado una pendiente de 0%.

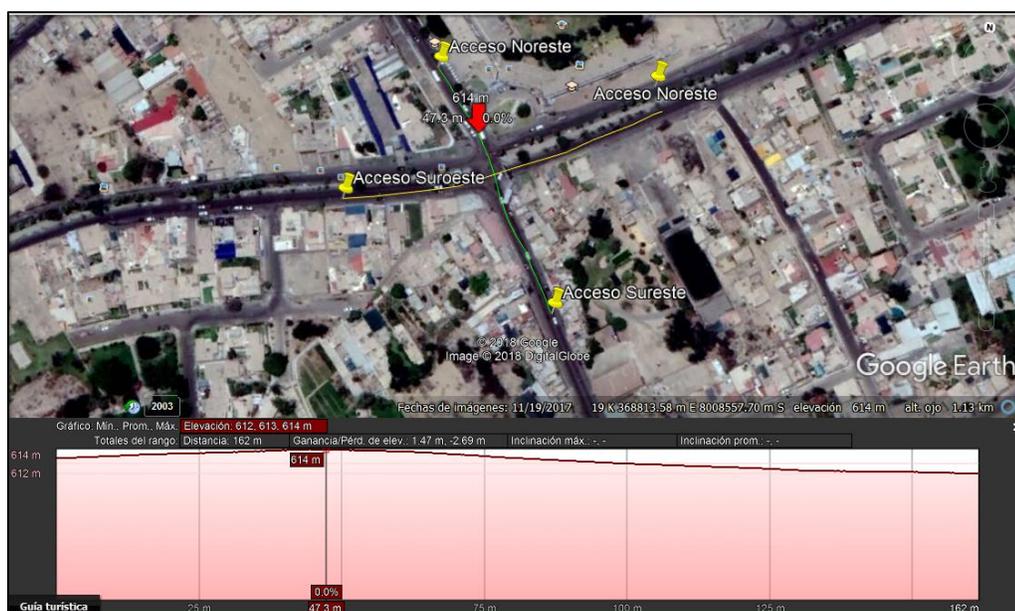


Figura 22: Pendiente promedio del Acceso Noroeste (Av. Gustavo Pinto)

Fuente: Google Earth

Acceso Suroeste:

Para la identificación de la cantidad de carriles con los que cuenta este acceso se hizo una inspección visual en campo, donde se pudo observar que por la Avenida Bolognesi circulaban 3 filas de vehículos. Asimismo, se vio que su pavimento se encuentra en estado regular ya que presenta algunos baches a lo largo de la vía y finalmente se puede notar que el camino urbano en mención cuenta con señalización horizontal, pero la cual no se encuentra en buen estado actualmente debido a la falta de mantenimiento.

Por ende, se tomó la decisión de verificar la cantidad de carriles por medio del programa Google Maps, el cual tiene un registro de imágenes capturadas con respecto al mes de octubre del año 2014. Se puede observar en la vista (Figura N°23) que la demarcación horizontal se encuentra en buen estado y donde se nota claramente la presencia de 3 carriles con giros izquierda, de frente y derecha.



Figura 23: Acceso Suroeste en Google Maps (Octubre 2014)

Fuente: Google Maps (Captura de imágenes: Octubre 2014)

El acceso Suroeste (Av. Bolognesi) posee una calzada de 10.20 m. en total, cuenta con 3 carriles, cada uno de 3.40 m. y al lado izquierdo se encuentra una vereda para uso peatonal de 2.90 m. de ancho, donde se nota también la presencia de un paradero ubicado a 13.10 metros desde el cruce, por el lado contrario se encuentra la Alameda Central con una medida de 5.10 m., para un mejor entendimiento se muestra la figura N°24.

Como se puede observar en la imagen mostrada a continuación, esta avenida tiene únicamente 1 sentido, por donde transitan vehículos tanto livianos como pesados.

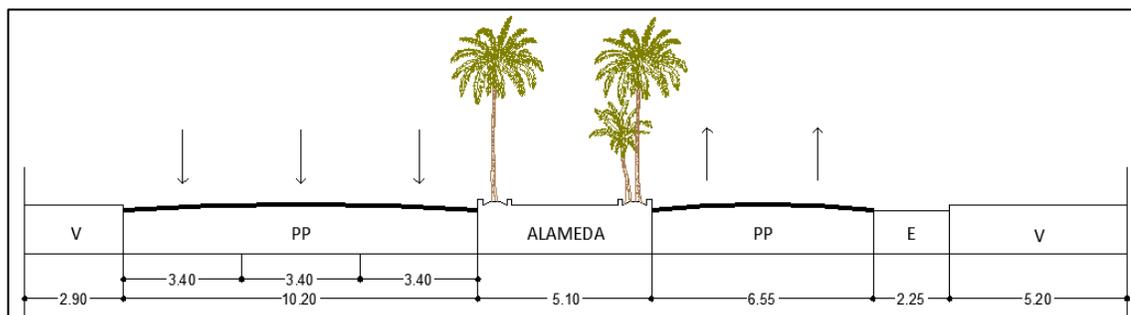


Figura 24: Sección Vial del Acceso Suroeste (Av. Bolognesi)

Fuente: Elaboración Propia

En referencia a la pendiente, se utilizó como base el programa Google Earth, trazando en él la avenida y colocando el cursor en el lugar de la entrada a la intersección, tal como lo muestra la figura N°25. En el caso de este acceso se puede notar que el terreno presenta una ligera inclinación en subida por lo cual se obtiene una pendiente de 3%.

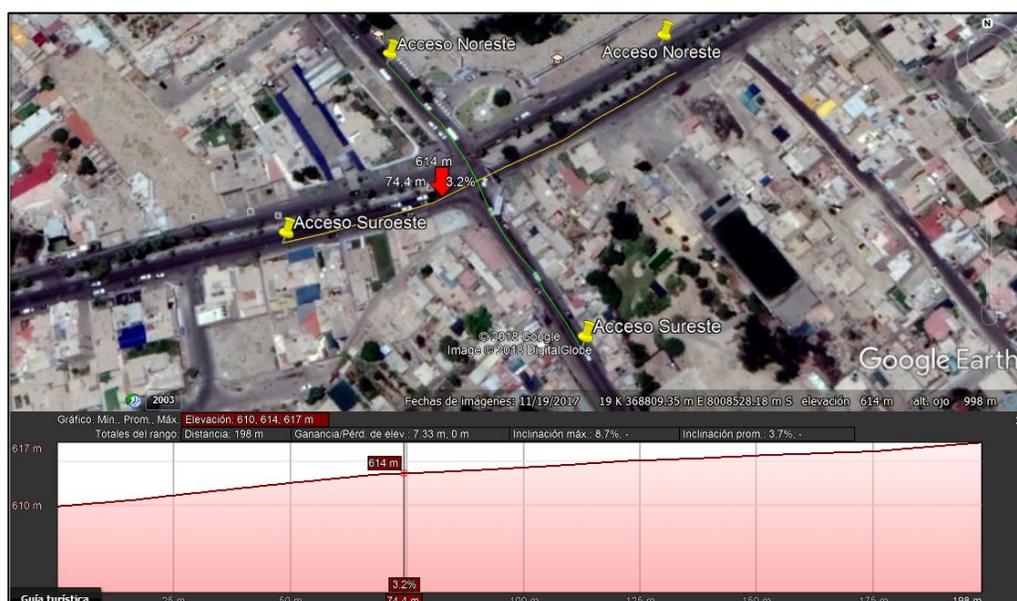


Figura 25: Pendiente promedio del Acceso Suroeste (Av. Bolognesi)

Fuente: Google Earth

Acceso Sureste:

Para la identificación de la cantidad de carriles con los que cuenta este acceso se hizo una inspección visual en campo, donde se pudo observar que por la Avenida Gustavo Pinto proveniente del C.P.M. Natividad circula una única fila de vehículos. Se tiene que el pavimento de dicha vía se encuentra en condiciones regulares ya que muestran algunos baches en todo el largo de las vías y por último se dice que no está debidamente señalado ni demarcado, ya que apenas se puede visualizar el paso peatonal.

Por ende, se tomó la decisión de verificar la cantidad de carriles por medio del programa Google Maps, el cual tiene un registro de imágenes capturadas con respecto al mes de octubre del año 2014. Se puede observar en la vista (Figura N°26) que la demarcación horizontal se encuentra en un mejor estado y donde se nota la presencia de 1 carril.



Figura 26: Acceso Sureste en Google Maps (Oct. 2014)

Fuente: Google Maps (Captura de imágenes: Octubre 2014)

El Acceso Sureste (Av. Gustavo Pinto) posee una calzada de 9.4 m. con cada carril de 4.7 m. También se presentan bermas de 1.10 m. al lado derecho y de 1.90 m. al lado contrario. Con respecto a las veredas se tiene que este acceso cuenta con una acera de 2.20 m. al lado izquierdo y de 1.60 m. de vereda al lado derecho, ambas para uso peatonal, lo cual se representa en la figura N°27. Cabe resaltar que no presenta paraderos.

Como se puede observar en la figura N°27, esta avenida tiene 2 sentidos (ida y venida), por donde transitan vehículos tanto livianos como pesados.

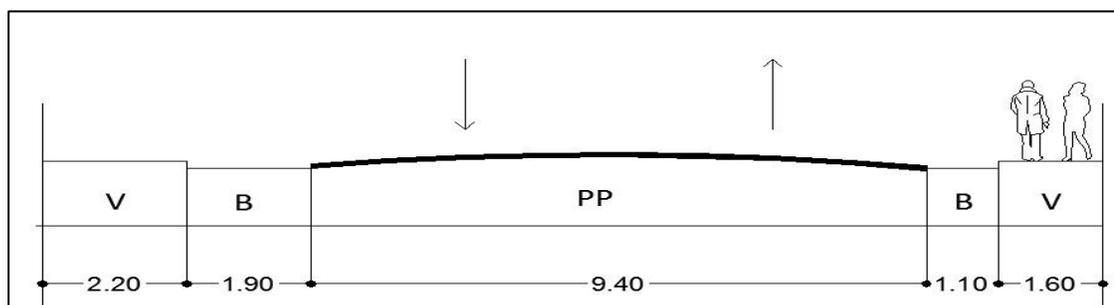


Figura 27: Sección Vial del Acceso Sureste (Av. Gustavo Pinto)

Fuente: Elaboración Propia

Con respecto a la pendiente, se utilizó como base el programa Google Earth, trazando en él la avenida y colocando el cursor en el lugar de la entrada a la intersección, tal como lo muestra la figura N°28. En el caso de este acceso se puede notar que el terreno es relativamente plano, dando, así como resultado una pendiente de 0%.



Figura 28: Pendiente promedio del Acceso Sureste (Av. Gustavo Pinto)

Fuente: Google Earth

Acceso Noreste:

Para la identificación de la cantidad de carriles con los que cuenta este acceso se hizo una inspección visual en campo, donde se pudo observar que por la Avenida Bolognesi circulan 2 filas de vehículos. Se tiene que su pavimento se encuentra en estado regular ya que presenta algunos baches a lo largo de la vía y por último se pudo notar que el camino urbano en mención contaba con señalización horizontal, pero la cual no se encuentra en buen estado actualmente debido a la falta de mantenimiento, el paso peatonal apenas se puede observar, pero con mucha dificultad.

Por ende, se tomó la decisión de verificar la cantidad de carriles por medio del programa Google Maps, el cual tiene un registro de imágenes capturadas con respecto al mes de octubre del año 2014. Se puede observar en la vista (Figura N°29) que la demarcación horizontal se encuentra en un mejor estado y donde se nota la presencia de 2 carriles.



Figura 29: Acceso Noreste en Google Maps (Oct. 2014)

Fuente: Google Maps (Captura de imágenes: Octubre 2014)

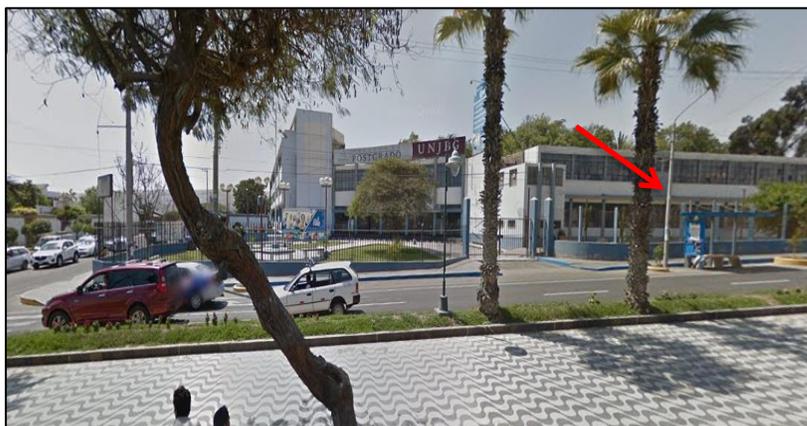


Figura 30: Ubicación del Paradero en el Acceso Noreste

Fuente: Google Maps (Captura de imágenes: Octubre 2014)

El acceso Noreste (Av. Bolognesi) posee una calzada de 5.80 m. en total, cuenta con 2 carriles de bajada, cada uno de 2.90 m., al lado izquierdo se encuentra un espacio para estacionamiento de 1.10m. y una vereda para uso peatonal de 1.85 m. de ancho, por el lado contrario se encuentra la Alameda Central con una medida de 7.85 m., para un mejor entendimiento se muestra la figura N°31. También se puede ver un paradero ubicado 37.80 a metros desde el cruce como se ve en la figura N°30.

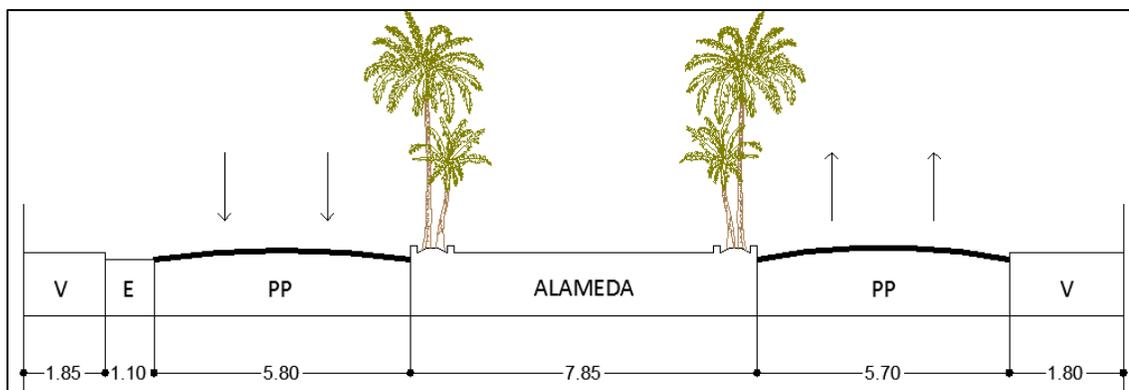


Figura 31: Sección Vial del Acceso Suroeste (Av. Bolognesi)

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar en la imagen anteriormente mostrada, esta avenida tiene únicamente 1 sentido.

En cuanto a la pendiente, se utilizó como base el programa Google Earth, trazando en él la avenida y colocando el cursor en el lugar de la entrada a la intersección, tal como lo muestra la figura N°32. En el caso de este acceso se puede notar que el terreno presenta una ligera inclinación en bajada por lo cual se obtiene una pendiente de -3%.



Figura 32: Pendiente promedio del Acceso Noreste (Av. Bolognesi)

Fuente: Google Earth

CAPITULO V: COMPILACIÓN DE DATOS

Para poder conocer la calidad del servicio que ofrece actualmente el sistema vial en estudio se hace necesario la toma de datos reales en la zona, en relación con los vehículos, ya que esa es la intención que tiene hacer una recopilación de ellos, en el rubro de la Ingeniería de Tránsito, para luego analizarlos y determinar si es óptimo o no el nivel de servicio que presenta.

5.1. Inspección visual

Para la realización de la presente tesis primero se comenzó con un análisis global de la intersección vial, ya que primero debemos observar como son los movimientos de los vehículos, las direcciones en la que viajan, tener en cuenta sobre todo que tipo de vehículos son los que frecuentemente pasan por la intersección, pudiendo ser estos vehículos ligeros, vehículos pesados, vehículos especiales, entre otros.

La inspección visual preliminar sirvió bastante para poder determinar posibles alcances que no hayan sido incluidos en la metodología a seguir y poder evitar errores sobre todo a la hora de registrar los aforos vehiculares.

5.2. Forma de Registro de datos

Para los conteos vehiculares se tuvo que seleccionar la forma en que se tomarían los datos ya que de éstos depende hallar los volúmenes de tráfico que pasan por la intersección vial.

Existen diversas maneras, la que se usó en nuestro caso fue por medio de aforos manuales realizado por nosotras donde se pudo conocer la composición vehicular, el volumen de las direcciones en la intersección, y los volúmenes por cada carril, pero debido a la gran cantidad de vehículos que circulan por la intersección se optó también por usar registros filmográficos por medio de una cámara filmadora que se colocó en un lugar donde enfocaba justo en la intersección de los cuatro accesos, ayudándonos bastante en las horas punta donde era mucha la congestión vehicular que se producía.

A su vez se tomaron registros fotográficos correspondientes especialmente en las horas pico. (Ver anexo N°1). El registro de los vehículos se hizo en el formato que se muestra a continuación (Ver figura N°33) donde se indica el día, el sentido del acceso en la intersección, las horas en análisis, los tipos de vehículos que circulan por la intersección.

DÍA:	SENTIDO: 																	
	HORA	BICICLETA	MOTO	MOTOTAXI	AUTO	VOLKSWAGEN	STATION WAGON	CAMIONETAS				MICRO	BUS		CAMION		SEMITRAILER	
								SUP	PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	2 E	3 E		
TURNO																		
	↻	↻	↻	↻	↻	↻	↻	↻	↻	↻	↻	↻	↻	↻	↻	↻	↻	SUBTOTAL
6:00 - 6:15 p.m																		0
6:15 - 6:30 p.m																		0
6:30 - 6:45 p.m																		0
6:45 - 7:00 p.m																		0
7:00 - 7:15 p.m																		0
7:15 - 7:30 p.m																		0
7:30 - 7:45 p.m																		0
7:45 - 8:00 p.m																		0
PARCIAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SUMATORIA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 33: Formato utilizado para el conteo vehicular de la intersección.
Nota: Las hojas de conteo están por avenidas y por acceso de entrada hacia la intersección vial.
Fuente: Elaboración propia basado en el Formato de Clasificación vehicular MTC.

5.3. Aforo Vehicular

Se realizó el conteo de tráfico en la intersección durante 7 días iniciando el Sábado 09 de Diciembre hasta el día Viernes 15 de Diciembre del 2017.

Los días de conteo se realizaron en intervalos de 2 horas por la mañana, 2 horas por la tarde y 2 horas por la noche, agrupados en intervalos de 15 minutos respectivamente, considerándose que lo que se quería lograr era obtener la hora pico o la hora más crítica del día en análisis para luego poder hacer una comparación de los 7 días, evaluando también que día era el más crítico al tener un volumen de tránsito mayor.

El horario fue el siguiente: Por la mañana de 07:00 a.m. – 09:00 a.m., por la tarde de 12:00 p.m. – 14:00 p.m., y en la noche de 18:00 p.m. – 20:00 p.m, tal como lo indica el Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas el cual fue explicado con anterioridad en el Capítulo II.

Conteos vehiculares en horas punta

En el anexo N°02, se adjunta las hojas del conteo vehicular de la intersección vial en el formato señalado y explicado anteriormente; en donde se muestra los volúmenes totales por accesos y direcciones de los vehículos.

En esta sección se muestran los aforos vehiculares de los vehículos mixtos por cada Avenida perteneciente a la intersección vial a intervenir, en nuestro caso en específico a la Av. Bolognesi y Av. Gustavo Pinto.

Estos datos fueron registrados desde el sábado 09/12/2017 hasta el viernes 15/12/2017. Estos se pueden observar desde la figura N°34 hasta la figura N°40. Dichos valores se muestran por cada acceso tanto Noroeste, Suroeste, Noreste y Sureste; así como también los volúmenes totales para periodos de 15 minutos respectivamente.

Posterior a ello se agruparon los totales en intervalos de una hora, con el fin de encontrar la hora pico de cada día, este dato es importante debido a que nos permite determinar el día con mayor afluencia vehicular.

DIA: SÁBADO
FECHA: 09/12/2017

SUB TOTALES								
AVENIDA	AV. BOLOGNESI		AV. GUSTAVO PINTO		TOTALES	INTERVALOS DE HORA	TOTAL POR HORA	
	ACCESO	S.O.	N.E.	S.E.				N.O.
H O R A S D E C O N T R O L	7:00- 7:15 a.m	89	39	72	40	240	7:00 a 8:00 a.m	1200
	7:15 - 7:30 a.m	108	40	86	67	301	7:15 a 8:15 a.m	1371
	7:30 - 7:45 a.m	118	34	90	59	301	7:30 a 8:30 a.m	1506
	7:45 - 8:00 a.m	108	45	108	97	358	7:45 a 8:45 a.m	1634
	8:00 - 8:15 a.m	141	59	126	85	411	8:00 a 9:00 a.m	1725
	8:15 - 8:30 a.m	151	58	119	108	436		
	8:30 - 8:45 a.m	160	65	113	91	429		
	8:45 - 9:00 a.m	166	76	124	83	449		
	12:00 - 12:15 p.m	192	57	112	116	477	12:00 a 1:00 p.m	2106
	12:15 - 12:30 p.m	208	68	119	119	514	12:15 a 1:15 p.m	2163
	12:30 - 12:45 p.m	234	72	114	130	550	12:30 a 1:30 p.m	2184
	12:45 - 1:00 p.m	241	75	104	145	565	12:45 a 1:45 p.m	2096
	1:00 - 1:15 p.m	200	82	105	147	534	1:00 a 2:00 p.m	1954
	1:15 - 1:30 p.m	171	90	109	165	535		
	1:30 - 1:45 p.m	139	80	89	154	462		
	1:45 - 2:00 p.m	119	89	77	138	423		
	6:00 - 6:15 p.m	155	64	123	93	435	6:00 a 7:00 p.m	2013
	6:15 - 6:30 p.m	173	71	129	124	497	6:15 a 7:15 p.m	2081
	6:30 - 6:45 p.m	186	79	114	142	521	6:30 a 7:30 p.m	2055
	6:45 - 7:00 p.m	189	98	113	160	560	6:45 a 7:45 p.m	2030
	7:00 - 7:15 p.m	181	77	114	131	503	7:00 a 8:00 p.m	1942
	7:15 - 7:30 p.m	169	63	122	117	471		
	7:30 - 7:45 p.m	183	80	96	137	496		
	7:45 - 8:00 p.m	160	82	101	129	472		
PARCIAL	3941	1643	2579	2777				
TOTAL DE VEHICULOS AL DIA ANALIZADOS	10940							

Figura 34: Flujo vehicular total por intervalos de hora del día sábado 09/12/2017.

Fuente: Elaboración Propia

DIA: DOMINGO

FECHA: 10/12/2017

SUB TOTALES								
AVENIDA	AV. BOLOGNESI		AV. GUSTAVO PINTO		TOTALES	INTERVALOS DE HORA	TOTAL POR HORA	
	ACCESO	S.O.	N.E.	S.E.				N.O.
H O R A S D E C O N T R O L	7:00- 7:15 a.m	55	61	53	110	279	7:00 a 8:00 a.m	1164
	7:15 - 7:30 a.m	78	47	55	116	296	7:15 a 8:15 a.m	1169
	7:30 - 7:45 a.m	62	66	76	103	307	7:30 a 8:30 a.m	1165
	7:45 - 8:00 a.m	70	45	66	101	282	7:45 a 8:45 a.m	1151
	8:00 - 8:15 a.m	91	37	84	72	284	8:00 a 9:00 a.m	1175
	8:15 - 8:30 a.m	99	23	79	91	292		
	8:30 - 8:45 a.m	98	68	69	58	293		
	8:45 - 9:00 a.m	111	45	80	70	306		
	12:00 - 12:15 p.m	120	59	97	88	364	12:00 a 1:00 p.m	1507
	12:15 - 12:30 p.m	137	40	102	76	355	12:15 a 1:15 p.m	1517
	12:30 - 12:45 p.m	160	61	75	95	391	12:30 a 1:30 p.m	1540
	12:45 - 1:00 p.m	150	59	87	101	397	12:45 a 1:45 p.m	1478
	1:00 - 1:15 p.m	151	40	89	94	374	1:00 a 2:00 p.m	1500
	1:15 - 1:30 p.m	159	52	91	76	378		
	1:30 - 1:45 p.m	144	35	85	65	329		
	1:45 - 2:00 p.m	173	68	82	96	419		
	6:00 - 6:15 p.m	118	50	92	102	362	6:00 a 7:00 p.m	1513
	6:15 - 6:30 p.m	109	62	100	76	347	6:15 a 7:15 p.m	1450
	6:30 - 6:45 p.m	131	54	114	111	410	6:30 a 7:30 p.m	1389
	6:45 - 7:00 p.m	130	42	103	119	394	6:45 a 7:45 p.m	1261
7:00 - 7:15 p.m	118	26	101	54	299	7:00 a 8:00 p.m	1168	
7:15 - 7:30 p.m	132	16	92	46	286			
7:30 - 7:45 p.m	123	20	92	47	282			
7:45 - 8:00 p.m	124	36	79	62	301			
PARCIAL	2843	1112	2043	2029				
TOTAL DE VEHICULOS AL DIA ANALIZADOS	8027							

Figura 35: Flujo vehicular total por intervalos de hora del día domingo 10/12/2017.

Fuente: Elaboración Propia

DIA: LUNES

FECHA: 11/12/2017

SUB TOTALES								
AVENIDA	AV. BOLOGNESI		AV. GUSTAVO PINTO		TOTALES	INTERVALOS DE HORA	TOTAL POR HORA	
	ACCESO	S.O.	N.E.	S.E.				N.O.
H O R A S D E C O N T R O L	7:00- 7:15 a.m	128	61	97	82	368	7:00 a 8:00 a.m	2603
	7:15 - 7:30 a.m	194	145	137	200	676	7:15 a 8:15 a.m	2883
	7:30 - 7:45 a.m	275	141	162	174	752	7:30 a 8:30 a.m	2749
	7:45 - 8:00 a.m	354	123	177	153	807	7:45 a 8:45 a.m	2432
	8:00 - 8:15 a.m	258	94	157	139	648	8:00 a 9:00 a.m	2025
	8:15 - 8:30 a.m	222	88	129	103	542		
	8:30 - 8:45 a.m	161	67	117	90	435		
	8:45 - 9:00 a.m	183	47	99	71	400		
	12:00 - 12:15 p.m	214	67	89	107	477	12:00 a 1:00 p.m	2184
	12:15 - 12:30 p.m	228	69	107	157	561	12:15 a 1:15 p.m	2296
	12:30 - 12:45 p.m	194	82	126	125	527	12:30 a 1:30 p.m	2306
	12:45 - 1:00 p.m	219	100	117	183	619	12:45 a 1:45 p.m	2240
	1:00 - 1:15 p.m	215	87	112	175	589	1:00 a 2:00 p.m	2055
	1:15 - 1:30 p.m	211	89	103	168	571		
	1:30 - 1:45 p.m	170	64	88	139	461		
	1:45 - 2:00 p.m	165	72	99	98	434		
	6:00 - 6:15 p.m	142	84	88	143	457	6:00 a 7:00 p.m	1895
	6:15 - 6:30 p.m	180	73	110	131	494	6:15 a 7:15 p.m	1921
	6:30 - 6:45 p.m	184	57	109	121	471	6:30 a 7:30 p.m	1899
	6:45 - 7:00 p.m	153	88	69	163	473	6:45 a 7:45 p.m	1839
7:00 - 7:15 p.m	177	66	110	130	483	7:00 a 8:00 p.m	1831	
7:15 - 7:30 p.m	196	77	74	125	472			
7:30 - 7:45 p.m	159	54	72	126	411			
7:45 - 8:00 p.m	187	60	96	122	465			
PARCIAL	4769	1955	2644	3225				
TOTAL DE VEHICULOS AL DIA ANALIZADOS	12593							

Figura 36: Flujo vehicular total por intervalos de hora del día lunes 11/12/2017.

Fuente: Elaboración Propia

DIA: MARTES

FECHA: 12/12/2017

SUB TOTALES								
AVENIDA	AV. BOLOGNESI		AV. GUSTAVO PINTO		TOTALES	INTERVALOS DE HORA	TOTAL POR HORA	
	ACCESO	S.O.	N.E.	S.E.				N.O.
H O R A S D E C O N T R O L	7:00 - 7:15 a.m	118	49	105	72	344	7:00 a 8:00 a.m	2269
	7:15 - 7:30 a.m	183	96	128	157	564	7:15 a 8:15 a.m	2553
	7:30 - 7:45 a.m	253	110	139	165	667	7:30 a 8:30 a.m	2501
	7:45 - 8:00 a.m	293	94	150	157	694	7:45 a 8:45 a.m	2305
	8:00 - 8:15 a.m	263	88	139	138	628	8:00 a 9:00 a.m	2010
	8:15 - 8:30 a.m	205	72	114	121	512		
	8:30 - 8:45 a.m	179	81	111	100	471		
	8:45 - 9:00 a.m	156	68	102	73	399		
	12:00 - 12:15 p.m	200	80	85	154	519	12:00 a 1:00 p.m	2139
	12:15 - 12:30 p.m	213	74	106	142	535	12:15 a 1:15 p.m	2207
	12:30 - 12:45 p.m	206	74	94	159	533	12:30 a 1:30 p.m	2186
	12:45 - 1:00 p.m	196	78	91	187	552	12:45 a 1:45 p.m	2123
	1:00 - 1:15 p.m	230	65	129	163	587	1:00 a 2:00 p.m	1938
	1:15 - 1:30 p.m	209	72	103	130	514		
	1:30 - 1:45 p.m	180	85	84	121	470		
	1:45 - 2:00 p.m	134	68	64	101	367		
	6:00 - 6:15 p.m	187	73	108	141	509	6:00 a 7:00 p.m	1954
	6:15 - 6:30 p.m	175	66	105	124	470	6:15 a 7:15 p.m	1922
	6:30 - 6:45 p.m	165	68	115	124	472	6:30 a 7:30 p.m	1950
	6:45 - 7:00 p.m	191	73	88	151	503	6:45 a 7:45 p.m	1976
7:00 - 7:15 p.m	161	66	105	145	477	7:00 a 8:00 p.m	1936	
7:15 - 7:30 p.m	190	63	107	138	498			
7:30 - 7:45 p.m	201	52	96	149	498			
7:45 - 8:00 p.m	205	52	94	112	463			
PARCIAL	4693	1767	2562	3224				
TOTAL DE VEHICULOS AL DIA ANALIZADOS	12246							

Figura 37: Flujo vehicular total por intervalos de hora del día martes 12/12/2017.

Fuente: Elaboración Propia

DIA: MIÉRCOLES

FECHA: 13/12/2017

SUB TOTALES								
AVENIDA	AV. BOLOGNESI		AV. GUSTAVO PINTO		TOTALES	INTERVALOS DE HORA	TOTAL POR HORA	
	ACCESO	S.O.	N.E.	S.E.				N.O.
H O R A S D E C O N T R O L	7:00 - 7:15 a.m	112	57	74	46	289	7:00 a 8:00 a.m	2126
	7:15 - 7:30 a.m	165	87	129	101	482	7:15 a 8:15 a.m	2484
	7:30 - 7:45 a.m	214	119	115	160	608	7:30 a 8:30 a.m	2502
	7:45 - 8:00 a.m	286	148	153	160	747	7:45 a 8:45 a.m	2371
	8:00 - 8:15 a.m	285	90	124	148	647	8:00 a 9:00 a.m	2049
	8:15 - 8:30 a.m	184	102	109	105	500		
	8:30 - 8:45 a.m	175	89	119	94	477		
	8:45 - 9:00 a.m	167	81	97	80	425		
	12:00 - 12:15 p.m	193	66	77	116	452	12:00 a 1:00 p.m	2042
	12:15 - 12:30 p.m	195	69	102	152	518	12:15 a 1:15 p.m	2069
	12:30 - 12:45 p.m	234	75	87	160	556	12:30 a 1:30 p.m	2010
	12:45 - 1:00 p.m	186	71	79	180	516	12:45 a 1:45 p.m	1886
	1:00 - 1:15 p.m	195	64	84	136	479	1:00 a 2:00 p.m	1731
	1:15 - 1:30 p.m	194	69	76	120	459		
	1:30 - 1:45 p.m	174	77	70	111	432		
	1:45 - 2:00 p.m	136	61	72	92	361		
	6:00 - 6:15 p.m	167	67	125	154	513	6:00 a 7:00 p.m	2064
	6:15 - 6:30 p.m	172	63	111	132	478	6:15 a 7:15 p.m	2036
	6:30 - 6:45 p.m	216	76	127	147	566	6:30 a 7:30 p.m	2074
	6:45 - 7:00 p.m	177	87	102	141	507	6:45 a 7:45 p.m	1902
7:00 - 7:15 p.m	198	61	106	120	485	7:00 a 8:00 p.m	1846	
7:15 - 7:30 p.m	184	67	119	146	516			
7:30 - 7:45 p.m	154	46	110	84	394			
7:45 - 8:00 p.m	183	66	99	103	451			
PARCIAL	4546	1858	2466	2988				
TOTAL DE VEHICULOS AL DIA ANALIZADOS	11858							

Figura 38 : Flujo vehicular total por intervalos de hora del día miércoles 13/12/2017.

Fuente: Elaboración Propia

DIA: JUEVES

FECHA: 14/12/2017

SUB TOTALES								
AVENIDA	AV. BOLOGNESI		AV. GUSTAVO PINTO		TOTALES	INTERVALOS DE HORA	TOTAL POR HORA	
	ACCESO	S.O.	N.E.	S.E.				N.O.
H O R A S D E C O N T R O L	7:00- 7:15 a.m	118	52	87	52	309	7:00 a 8:00 a.m	2109
	7:15 - 7:30 a.m	141	99	119	114	473	7:15 a 8:15 a.m	2444
	7:30 - 7:45 a.m	205	105	132	177	619	7:30 a 8:30 a.m	2494
	7:45 - 8:00 a.m	284	93	161	170	708	7:45 a 8:45 a.m	2356
	8:00 - 8:15 a.m	282	104	123	135	644	8:00 a 9:00 a.m	2108
	8:15 - 8:30 a.m	208	89	124	102	523		
	8:30 - 8:45 a.m	196	70	122	93	481		
	8:45 - 9:00 a.m	173	77	110	100	460		
	12:00 - 12:15 p.m	213	71	97	118	499	12:00 a 1:00 p.m	2154
	12:15 - 12:30 p.m	219	72	115	156	562	12:15 a 1:15 p.m	2082
	12:30 - 12:45 p.m	232	81	105	136	554	12:30 a 1:30 p.m	1976
	12:45 - 1:00 p.m	229	93	78	139	539	12:45 a 1:45 p.m	1848
	1:00 - 1:15 p.m	178	73	75	101	427	1:00 a 2:00 p.m	1688
	1:15 - 1:30 p.m	194	67	78	117	456		
	1:30 - 1:45 p.m	189	57	91	89	426		
	1:45 - 2:00 p.m	150	61	89	79	379		
	6:00 - 6:15 p.m	157	70	106	136	469	6:00 a 7:00 p.m	1985
	6:15 - 6:30 p.m	198	64	107	131	500	6:15 a 7:15 p.m	2027
	6:30 - 6:45 p.m	195	66	97	123	481	6:30 a 7:30 p.m	2046
	6:45 - 7:00 p.m	197	90	98	150	535	6:45 a 7:45 p.m	2081
7:00 - 7:15 p.m	186	64	120	141	511	7:00 a 8:00 p.m	2032	
7:15 - 7:30 p.m	179	75	118	147	519			
7:30 - 7:45 p.m	211	52	107	146	516			
7:45 - 8:00 p.m	192	74	104	116	486			
PARCIAL	4726	1819	2563	2968				
TOTAL DE VEHICULOS AL DIA ANALIZADOS	12076							

Figura 39: Flujo vehicular total por intervalos de hora del día jueves 14/12/2017.

Fuente: Elaboración Propia

DIA: VIERNES

FECHA: 15/12/2017

SUB TOTALES								
AVENIDA	AV. BOLOGNESI		AV. GUSTAVO PINTO		TOTALES	INTERVALOS DE HORA	TOTAL POR HORA	
	ACCESO	S.O.	N.E.	S.E.				N.O.
H O R A S D E C O N T R O L	7:00- 7:15 a.m	121	44	75	49	289	7:00 a 8:00 a.m	1938
	7:15 - 7:30 a.m	142	80	125	101	448	7:15 a 8:15 a.m	2293
	7:30 - 7:45 a.m	194	101	136	149	580	7:30 a 8:30 a.m	2342
	7:45 - 8:00 a.m	265	86	139	131	621	7:45 a 8:45 a.m	2241
	8:00 - 8:15 a.m	293	96	140	115	644	8:00 a 9:00 a.m	2039
	8:15 - 8:30 a.m	204	78	124	91	497		
	8:30 - 8:45 a.m	205	62	140	72	479		
	8:45 - 9:00 a.m	163	69	117	70	419		
	12:00 - 12:15 p.m	179	63	108	101	451	12:00 a 1:00 p.m	2077
	12:15 - 12:30 p.m	188	69	100	140	497	12:15 a 1:15 p.m	2194
	12:30 - 12:45 p.m	214	74	113	122	523	12:30 a 1:30 p.m	2189
	12:45 - 1:00 p.m	256	100	112	138	606	12:45 a 1:45 p.m	2043
	1:00 - 1:15 p.m	266	74	117	111	568	1:00 a 2:00 p.m	1880
	1:15 - 1:30 p.m	206	70	108	108	492		
	1:30 - 1:45 p.m	68	60	141	108	377		
	1:45 - 2:00 p.m	185	59	110	89	443		
	6:00 - 6:15 p.m	209	61	116	120	506	6:00 a 7:00 p.m	2061
	6:15 - 6:30 p.m	194	57	130	118	499	6:15 a 7:15 p.m	2072
	6:30 - 6:45 p.m	195	64	119	123	501	6:30 a 7:30 p.m	2110
	6:45 - 7:00 p.m	196	85	125	149	555	6:45 a 7:45 p.m	2134
	7:00 - 7:15 p.m	195	65	119	138	517	7:00 a 8:00 p.m	2090
	7:15 - 7:30 p.m	212	71	113	141	537		
	7:30 - 7:45 p.m	222	55	107	141	525		
	7:45 - 8:00 p.m	210	70	125	106	511		
PARCIAL	4782	1713	2859	2731				
TOTAL DE VEHICULOS AL DIA ANALIZADOS	12085							

Figura 40: Flujo vehicular total por intervalos de hora del día viernes 15/12/2017.

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se presentan las figuras “Horas de control vs Vehículos Mixtos” para cada día respectivamente, donde se muestra una curva la cual representa la variación

de volúmenes vehiculares mixtos agrupados en periodos de 15 minutos en el transcurso del día, distinguiéndose los tres intervalos de tiempo (mañana, tarde y noche).

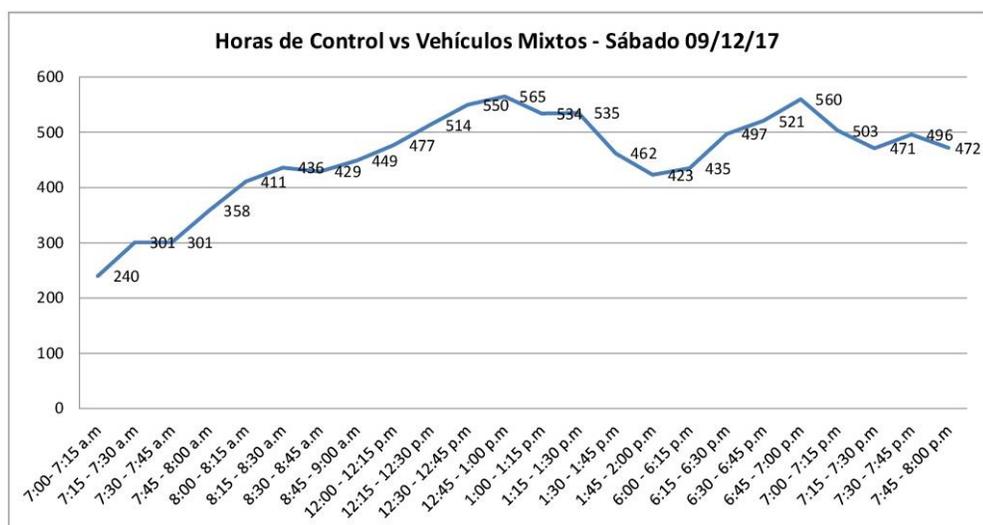


Figura 41: Variación de volúmenes vehiculares por periodo de 15 minutos del día sábado 09/12/17.

Fuente: Elaboración Propia

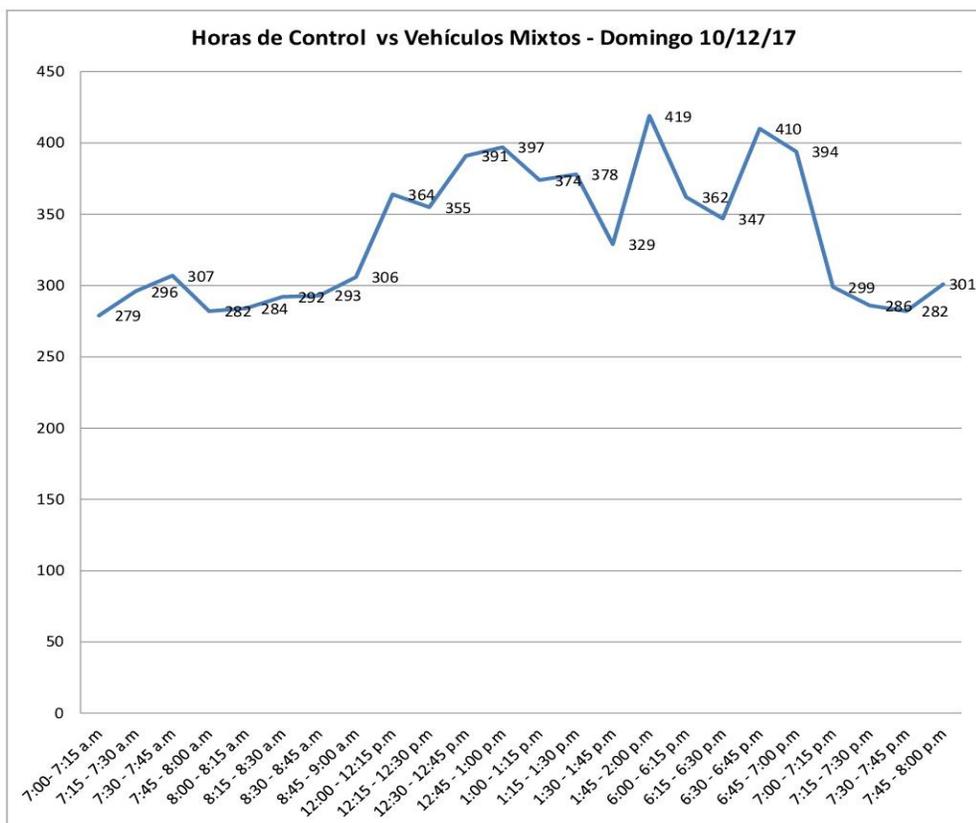


Figura 42: Variación de volúmenes vehiculares por periodo de 15 minutos del día domingo 10/12/17.

Fuente: Elaboración Propia



Figura 43: Variación de volúmenes vehiculares por periodo de 15 minutos del día lunes 11/12/17.

Fuente: Elaboración Propia



Figura 44: Variación de volúmenes vehiculares por periodo de 15 minutos del día martes 12/12/17.

Fuente: Elaboración Propia

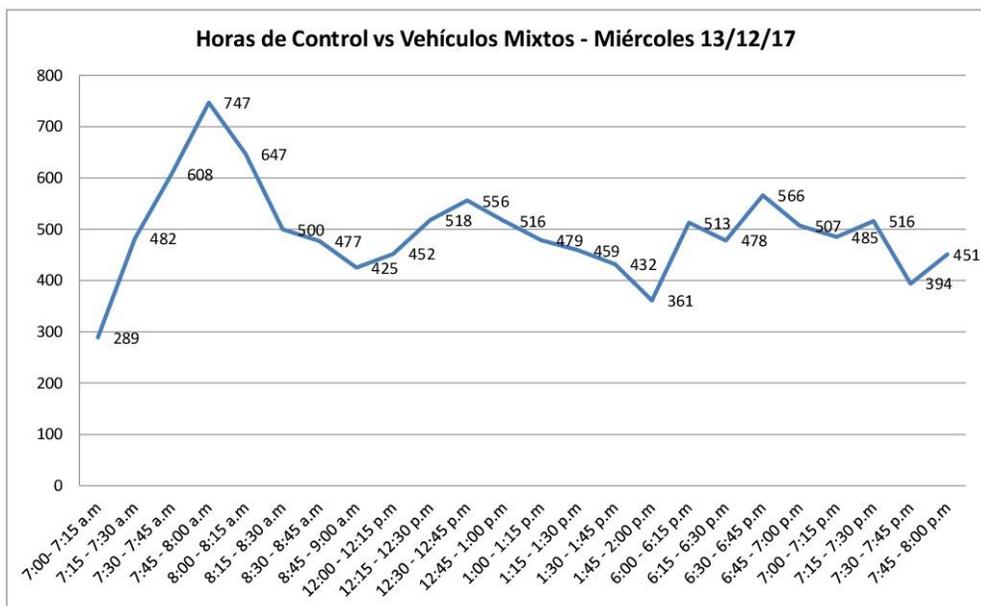


Figura 45: Variación de volúmenes vehiculares por periodo de 15 minutos del día miércoles 13/12/17.

Fuente: Elaboración Propia



Figura 46: Variación de volúmenes vehiculares por periodo de 15 minutos del día jueves 14/12/17.

Fuente: Elaboración Propia

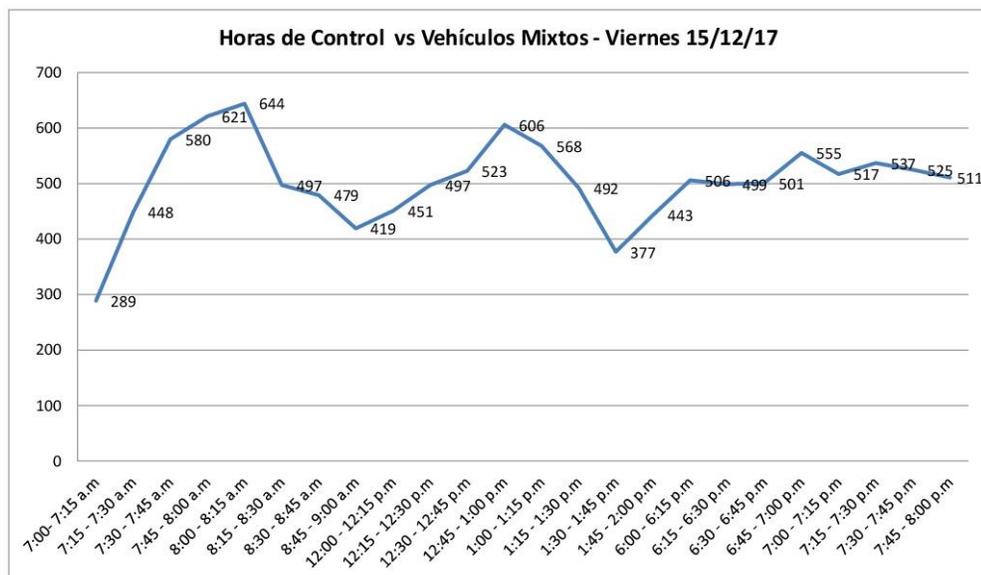


Figura 47: Variación de volúmenes vehiculares por periodo de 15 minutos del día viernes 15/12/17.

Fuente: Elaboración Propia

5.4. Selección de Hora Pico

Basados en el total de vehículos por hora que se muestra en las figuras anteriores, se tiene que la hora pico por día fue:

- **Sábado 09/12/2017** : De 12:30 a 01:30 p.m. con un total de 2184 veh/h.
(Ver Figura N°34)
- **Domingo 10/12/2017** : De 12:30 a 01:30 p.m. con un total de 1540 veh/h.
(Ver Figura N°35)
- **Lunes 11/12/2017** : De 07:15 a 08:15 a.m. con un total de 2883 veh/h.
(Ver Figura N°36)
- **Martes 12/12/2017** : De 07:15 a 08:15 a.m. con un total de 2553 veh/h.
(Ver Figura N°37)
- **Miércoles 13/12/2017** : De 07:30 a 08:30 a.m. con un total de 2502 veh/h.
(Ver Figura N°38)
- **Jueves 14/12/2017** : De 07:30 a 08:30 a.m. con un total de 2494 veh/h.
(Ver Figura N°39)
- **Viernes 15/12/2017** : De 07:30 a 08:30 a.m. con un total de 2342 veh/h.
(Ver Figura N°40)

Se puede observar que existe una variación entre los días representantes del fin de semana en comparación a los días laborables, ya que durante el fin de semana la hora pico se encuentra ubicada durante el mediodía, mientras que el resto de los días, este se encontraría en horas por la mañana.

Después de seleccionar la hora más crítica, se trató de representar la variación del volumen vehicular dentro de esa hora, para ello se usó un comparativo de barras, donde se puede ver con mayor facilidad los 15 minutos más cargados en comparación con el resto de los días.

Se puede observar en las siguientes figuras que la barra roja representa el $q_{m\acute{a}x}$ de la hora pico de cada día, es decir los 15 minutos con más demanda vehicular, en segundo puesto se encuentra los 15 minutos representados por la barra de color azul, seguido por la de color morado y finalmente la de color verde nos indica el fragmento de hora más libre de vehículos mixtos.

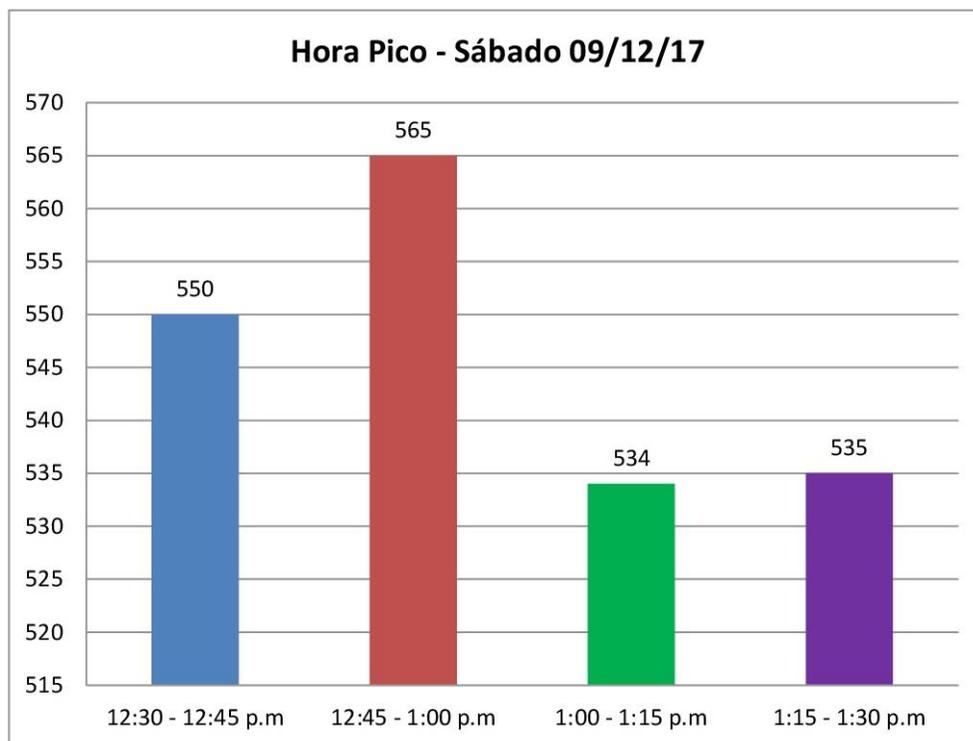


Figura 48: Variación de volúmenes vehiculares por periodo de 15 minutos de la hora pico correspondiente al día sábado 09/12/17.

Fuente: Elaboración Propia

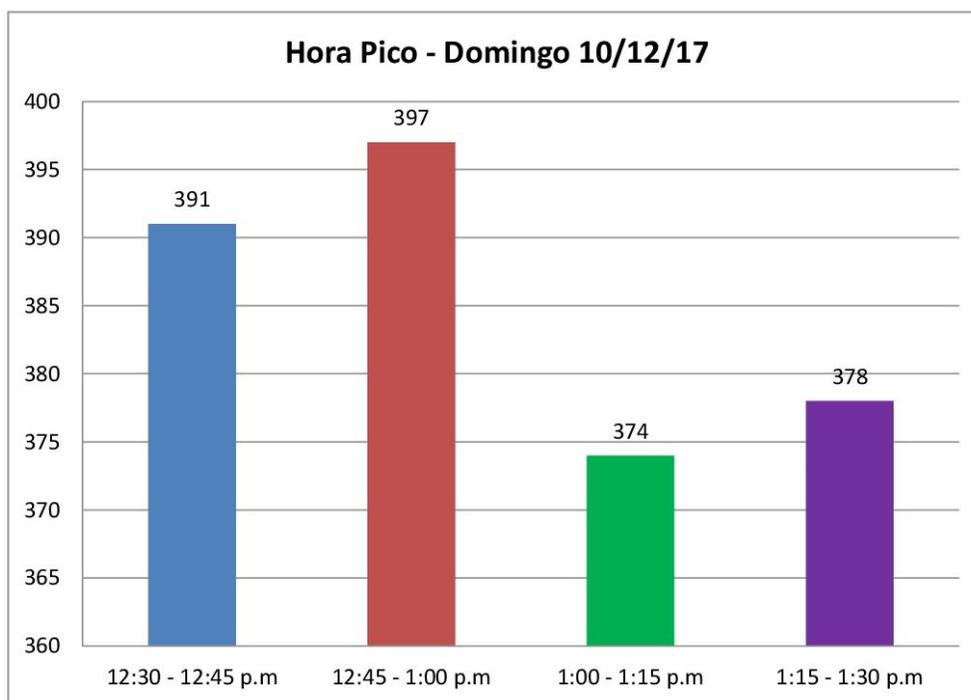


Figura 49: Variación de volúmenes vehiculares por periodo de 15 minutos de la hora pico correspondiente al día domingo 10/12/17.

Fuente: Elaboración Propia

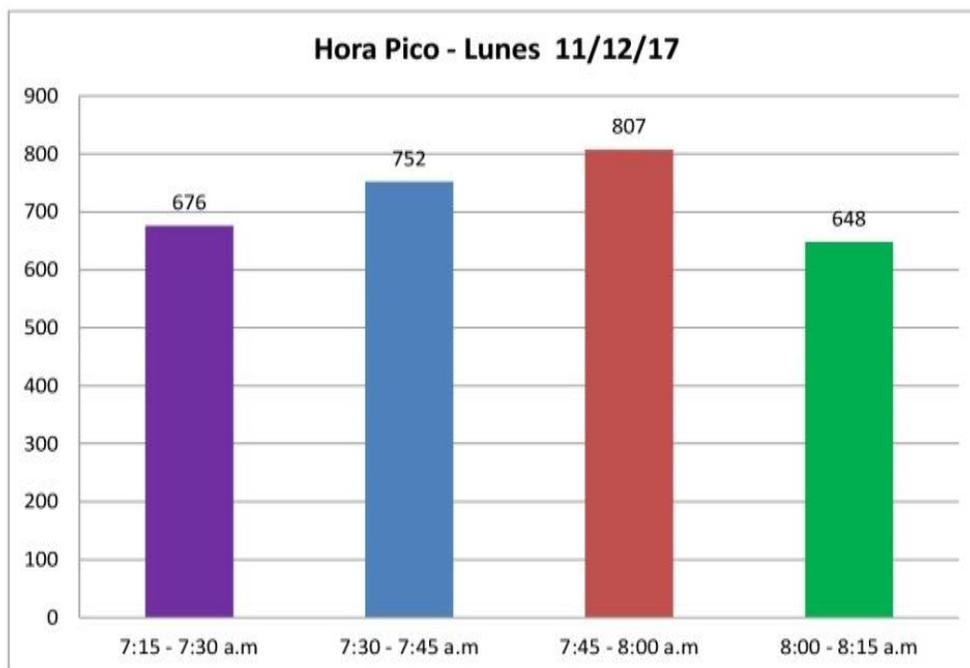


Figura 50: Variación de volúmenes vehiculares por periodo de 15 minutos de la hora pico correspondiente al día lunes 11/12/17.

Fuente: Elaboración Propia

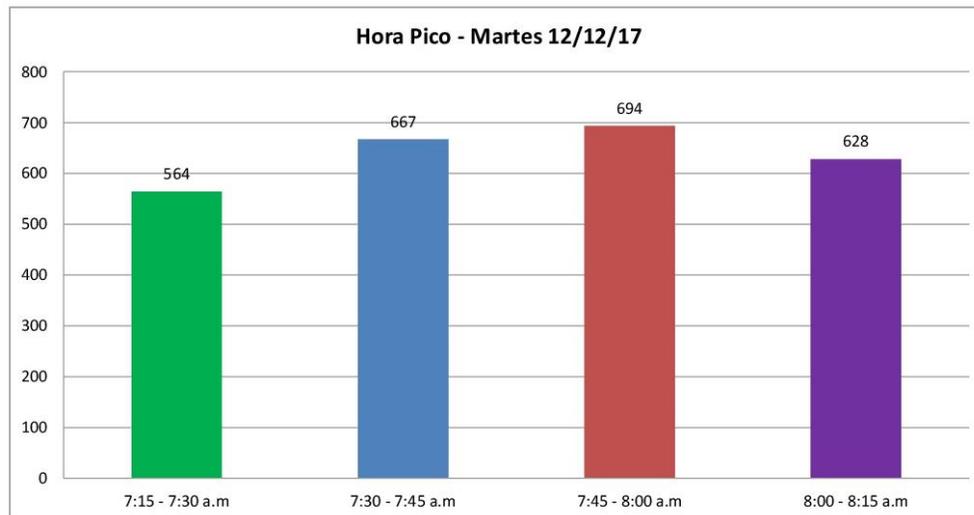


Figura 51: Variación de volúmenes vehiculares por periodo de 15 minutos de la hora pico correspondiente al día martes 12/12/17.

Fuente: Elaboración Propia

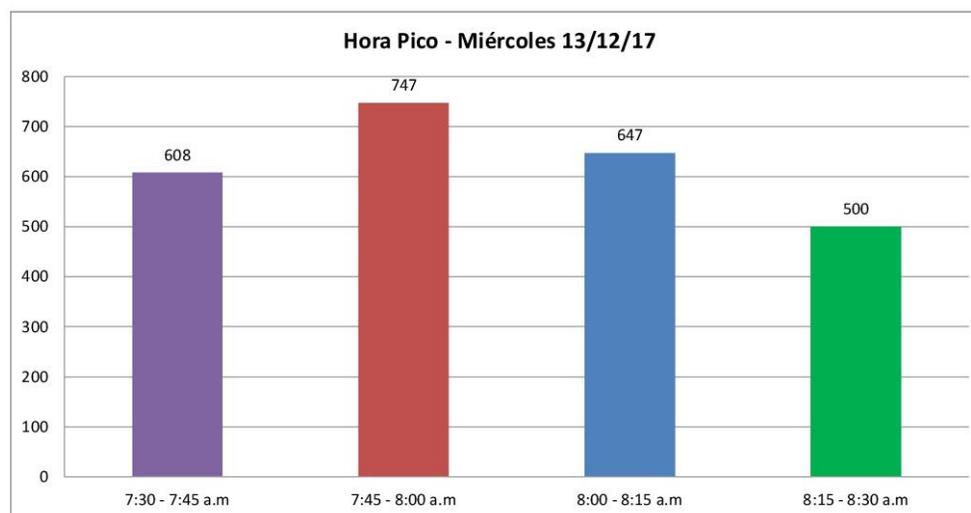


Figura 52: Variación de volúmenes vehiculares por periodo de 15 minutos de la hora pico correspondiente al día miércoles 13/12/17.

Fuente: Elaboración Propia

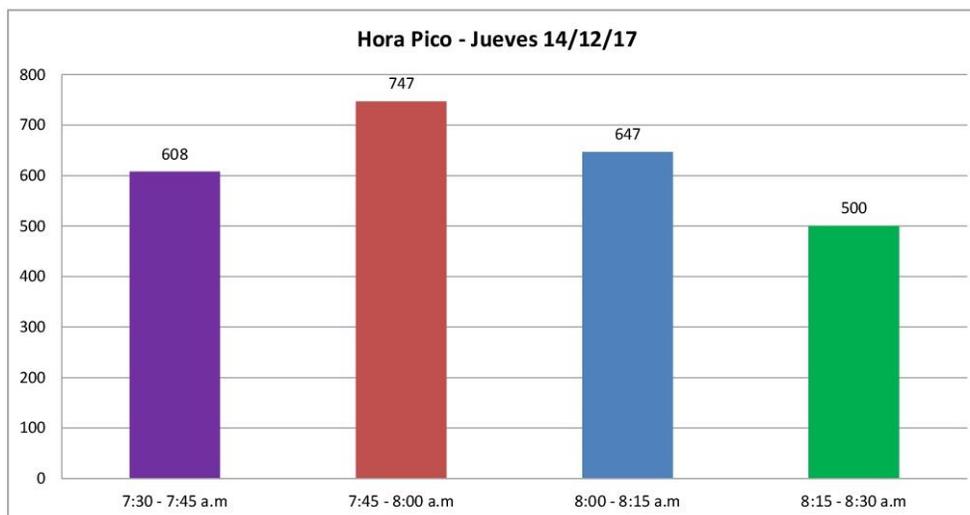


Figura 53: Variación de volúmenes vehiculares por periodo de 15 minutos de la hora pico correspondiente al día jueves 14/12/17.

Fuente: Elaboración Propia

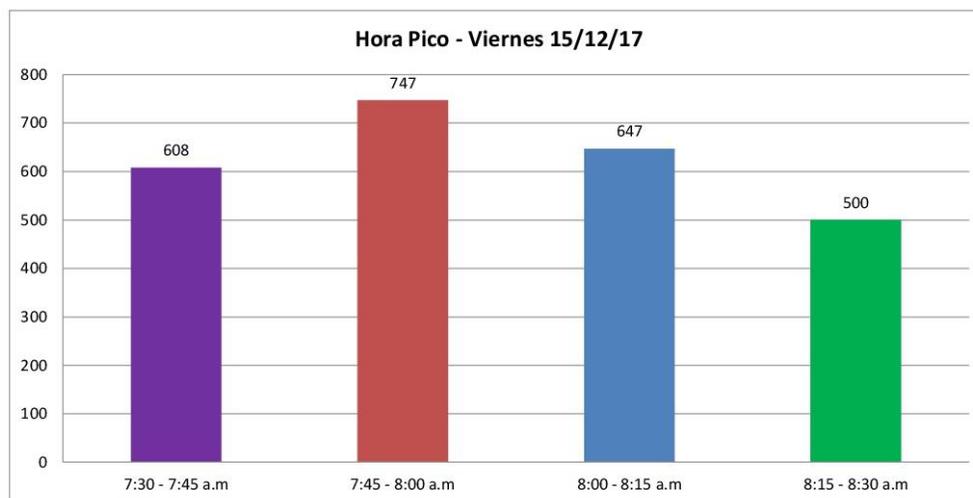


Figura 54: Variación de volúmenes vehiculares por periodo de 15 minutos de la hora pico correspondiente al día viernes 15/12/17.

Fuente: Elaboración Propia

Por la mayor cantidad de vehículos que circulan por la intersección vial, se tiene que el día más crítico fue el "Lunes 11/12/2017" con un total de 2883 veh/h. acumulado en todas sus direcciones (Ver figura N°36).

5.5. Tiempos de los semáforos

La intersección vial se encuentra semaforizada por sus 4 accesos de entrada con 1 semáforo por cada grupo de carril tanto Noroeste, Suroeste, Noreste y Sureste respectivamente. En relación con los movimientos que puedan darse simultáneamente, esta intersección cuenta con 4 fases.

Se comenzó a anotar los tiempos de rojo, ámbar y verde de los 4 semáforos ubicados en este cruce, todos estos datos fueron recopilados en campo, para posteriormente ser analizados como se muestra en la figura N°55.

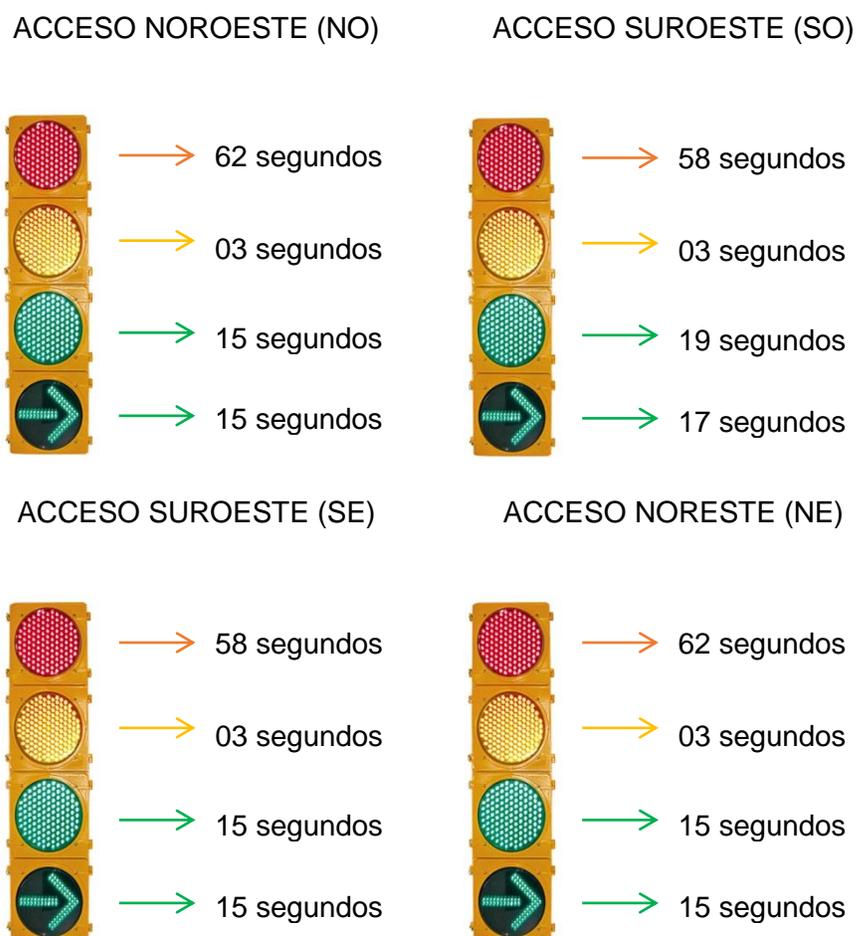


Figura 55: Tiempo de los Semáforos

Fuente: Elaboración Propia

La longitud del ciclo por cada fase será analizada posteriormente en el capítulo VII, donde se verá con exactitud los datos a introducir en el programa.

CAPITULO VI: PROCESAMIENTO DE DATOS Y ANÁLISIS

6.1. Análisis de la Hora Pico

Posteriormente a la toma de los conteos vehiculares y a la identificación de la hora punta se comenzó a procesar y analizar los datos obtenidos para así poder plasmar el número de vehículos mixtos totales y las magnitudes por cada clase de vehículo.

Asimismo, cada tipo de vehículo se agrupó según el giro codificado que le correspondía (C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C9, C10, C11, C12) con el propósito de obtener el total de vehículos mixtos por cada movimiento identificado y permitido en cada acceso, para un mejor entendimiento se muestra la figura N°56.

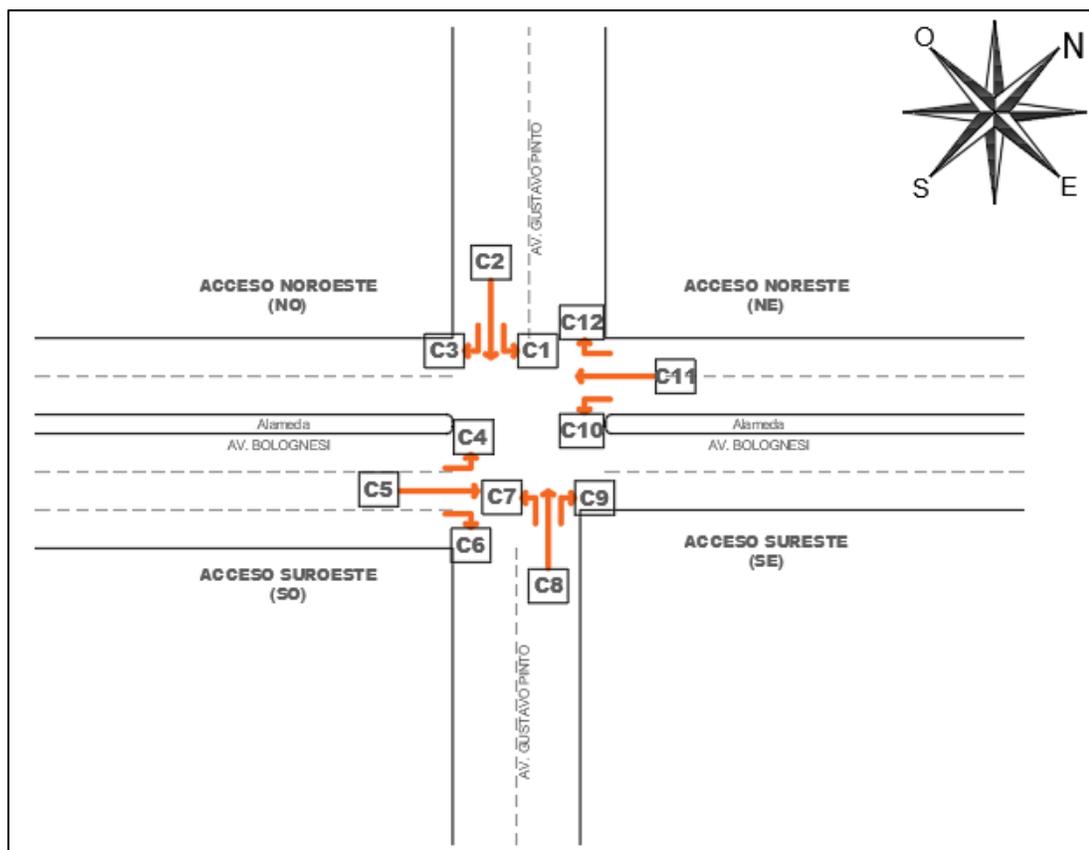


Figura 56: Movimientos identificados en cada acceso

Fuente: Elaboración Propia

El acceso Noroeste tiene dos carriles con 3 giros: a la izquierda, de frente y a la derecha; el acceso Suroeste tiene tres carriles, con 3 giros: a la izquierda, de frente y

a la derecha; el acceso Sureste posee un carril con 3 giros, a la izquierda, de frente y a la derecha y por último el acceso Noreste tiene dos carriles con 3 giros a la izquierda, de frente y a la derecha.

En la tabla N°18 se presenta el total de movimientos de la intersección de la Av. Bolognesi y la Av. Gustavo Pinto según la hora pico encontrada en el capítulo anterior. En el anexo N°02 se adjunta todo el aforo vehicular.

Como se puede observar en el tabla N°18, estos datos pertenecen al Lunes 11 de Diciembre del 2017 y van en un horario desde las 07:15 a.m. hasta las 08:15 a.m. calculados en intervalos de 15 minutos respectivamente.

Tabla 18: Total de Movimientos de la Intersección

HORA	BICICLETA												MOTO											
LUNES 11/12/17	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12
7:15 - 7:30 a.m	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	4	1	2	4	0	0	2	0	1	0	1
7:30 - 7:45 a.m	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	2	1	0	0	10	2	1	3	0
7:45 - 8:00 a.m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	4	2	0	0	14	2	1	1	1
8:00 - 8:15 a.m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	1	0	0	5	2	0	0	1
PARCIAL	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	15	1	10	8	0	0	31	6	3	4	3
TOTAL	2												81											

HORA	VOLKSWAGEN												STATION WAGON											
LUNES 11/12/17	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12
7:15 - 7:30 a.m	1	1	2	0	1	0	2	1	0	2	0	2	14	75	4	21	43	4	10	31	4	3	44	3
7:30 - 7:45 a.m	0	1	2	0	2	0	0	1	0	0	1	1	15	55	5	19	61	22	6	35	12	4	43	6
7:45 - 8:00 a.m	3	0	0	3	1	0	0	0	0	0	1	2	16	44	4	46	82	22	11	40	9	5	40	7
8:00 - 8:15 a.m	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	1	8	52	2	26	64	18	8	45	10	4	17	4
PARCIAL	4	2	4	3	5	0	2	2	0	4	2	6	53	226	15	112	250	66	35	151	35	16	144	20
TOTAL	34												1123											

HORA	MOTOTAXI												AUTO											
LUNES 11/12/17	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12
7:15 - 7:30 a.m	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	9	49	3	12	40	12	13	40	2	5	36	3
7:30 - 7:45 a.m	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	11	41	4	19	62	12	11	34	8	5	24	4
7:45 - 8:00 a.m	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	8	31	3	21	80	15	12	41	11	5	25	5
8:00 - 8:15 a.m	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	9	30	2	23	42	12	8	33	9	3	20	6
PARCIAL	0	1	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	37	151	12	75	224	51	44	148	30	18	105	18
TOTAL	5												913											

HORA	CAMIONETAS																							
	SUP												PICK UP											
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12
LUNES 11/12/17																								
7:15-7:30 a.m	2	3	4	3	10	0	2	7	0	0	17	1	1	6	1	0	5	0	0	5	0	0	8	0
7:30-7:45 a.m	3	5	2	8	18	2	0	8	3	1	15	2	1	2	2	2	7	2	0	5	1	2	5	2
7:45-8:00 a.m	4	4	2	7	19	7	2	12	4	2	2	2	2	5	1	3	1	0	0	2	0	1	3	0
8:00-8:15 a.m	2	5	3	6	15	2	3	11	0	3	10	2	1	4	2	2	8	0	0	4	1	2	2	2
PARCIAL	11	17	11	24	62	11	7	38	7	6	44	7	5	17	6	7	21	2	0	16	2	5	18	4
TOTAL	245												103											

HORA	CAMIONETAS																							
	PANEL												RURAL Combi											
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12
LUNES 11/12/17																								
7:15-7:30 a.m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	4	2	3	14	4	2	2	2	1	13	0
7:30-7:45 a.m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	2	6	2	6	13	4	0	7	2	2	8	2
7:45-8:00 a.m	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	3	6	1	7	14	3	0	4	3	1	8	2
8:00-8:15 a.m	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	2	2	2	1	7	10	2	0	4	0	2	8	0
PARCIAL	0	1	0	2	2	0	0	0	0	4	1	4	10	18	6	23	51	13	2	17	7	6	37	4
TOTAL	14												194											

HORA	BUS																							
	MICRO												2 E											
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12
LUNES 11/12/17																								
7:15-7:30 a.m	1	0	5	2	6	6	0	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7:30-7:45 a.m	1	0	4	0	7	5	0	6	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7:45-8:00 a.m	1	1	5	0	7	6	0	7	0	0	1	2	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
8:00-8:15 a.m	1	0	5	0	7	5	0	5	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PARCIAL	4	1	19	2	27	22	0	24	2	4	2	3	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
TOTAL	110												2											

HORA	CAMION																							
	2 E												3 E											
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12
LUNES 11/12/17																								
7:15-7:30 a.m	1	1	2	0	2	0	0	4	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7:30-7:45 a.m	1	1	1	0	1	0	2	4	4	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7:45-8:00 a.m	1	2	1	0	3	0	0	1	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8:00-8:15 a.m	1	5	1	0	1	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PARCIAL	4	9	5	0	7	0	2	12	7	5	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	57												0											

HORA	SEMI TRAYLER												
	2S112S2												
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	SUBTOTAL
LUNES 11/12/17													
7:15-7:30 a.m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	676
7:30-7:45 a.m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	752
7:45-8:00 a.m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	807
8:00-8:15 a.m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	648
PARCIAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2883
TOTAL	0												

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla anteriormente mostrada se puede observar los totales tanto parcial como total de los vehículos mixtos según el tipo de vehículo y movimiento identificado por cada uno en dicho acceso.

Asimismo, se presenta los subtotales que representan el volumen vehicular que pasa por la intersección vial en periodos de 15 minutos respectivamente y la tabla termina en la sumatoria total de los vehículos por hora.

Para poder identificar con mayor facilidad los accesos se les asignó un color en específico desde la tabla N°18 hasta la tabla N°24, que se presentan a continuación:

-  Acceso Noroeste
-  Acceso Suroeste
-  Acceso Sureste
-  Acceso Noreste

Seguidamente se expone la tabla N°19 donde se puede observar los 4 accesos pertenecientes a la intersección vial con sus respectivos movimientos, estos separados estratégicamente en intervalos de 15 minutos.

A comparación de la tabla N°18, esta tabla resumen, muestra una recopilación total de todos los vehículos mixtos por cada movimiento (sentido en el que se dirige cada vehículo al momento de ingresar a la intersección vial).

Posteriormente se hizo una sumatoria por cada acceso (se puede observar en la tabla N°19 en color rojo) con el objetivo de hallar los quince minutos más críticos por cada grupo de carriles, tanto Noreste, Suroeste, Sureste y Noreste.

Tabla 19: Volumen máximo de vehículos durante 15 minutos de flujo vehicular

Acceso	Noroeste			Suroeste			Sureste			Noreste		
Movimiento	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12
7:15 - 7:30 a.m.	32	144	24	43	125	26	29	100	8	13	120	12
	200			194			137			145		
7:30 - 7:45 a.m.	34	118	22	56	172	47	20	110	32	21	99	21
	174			275			162			141		
7:45 - 8:00 a.m.	38	98	17	91	210	53	25	123	29	19	81	23
	153			354			177			123		
8:00 - 8:15 a.m.	24	99	16	68	151	39	19	111	27	18	58	18
	139			258			157			94		

Fuente: Elaboración Propia

Según lo mostrado con anterioridad se tiene que el $q_{m\acute{a}x}$ durante la hora crítica en el Acceso Noreste es de 200 vehículos en el periodo de 7:15 – 7:30 a.m., mientras que en el Acceso Suroeste es de 354 vehículos en el periodo de 7:45 – 8:00 a.m., al igual que el caso anterior el Acceso Sureste se desarrolló en el mismo fragmento de hora con la diferencia de un flujo vehicular de solo 177 vehículos y finalmente se tiene el Acceso Noreste el cual tiene 145 vehículos en el lapso de tiempo de 7:15 – 7:30 a.m.

El siguiente punto fue hallar los vehículos por hora, para esto se seleccionaron los 15 minutos más congestionados (Ver Tabla N°19), los cuales fueron nuestra base para poder simular la hora más crítica.

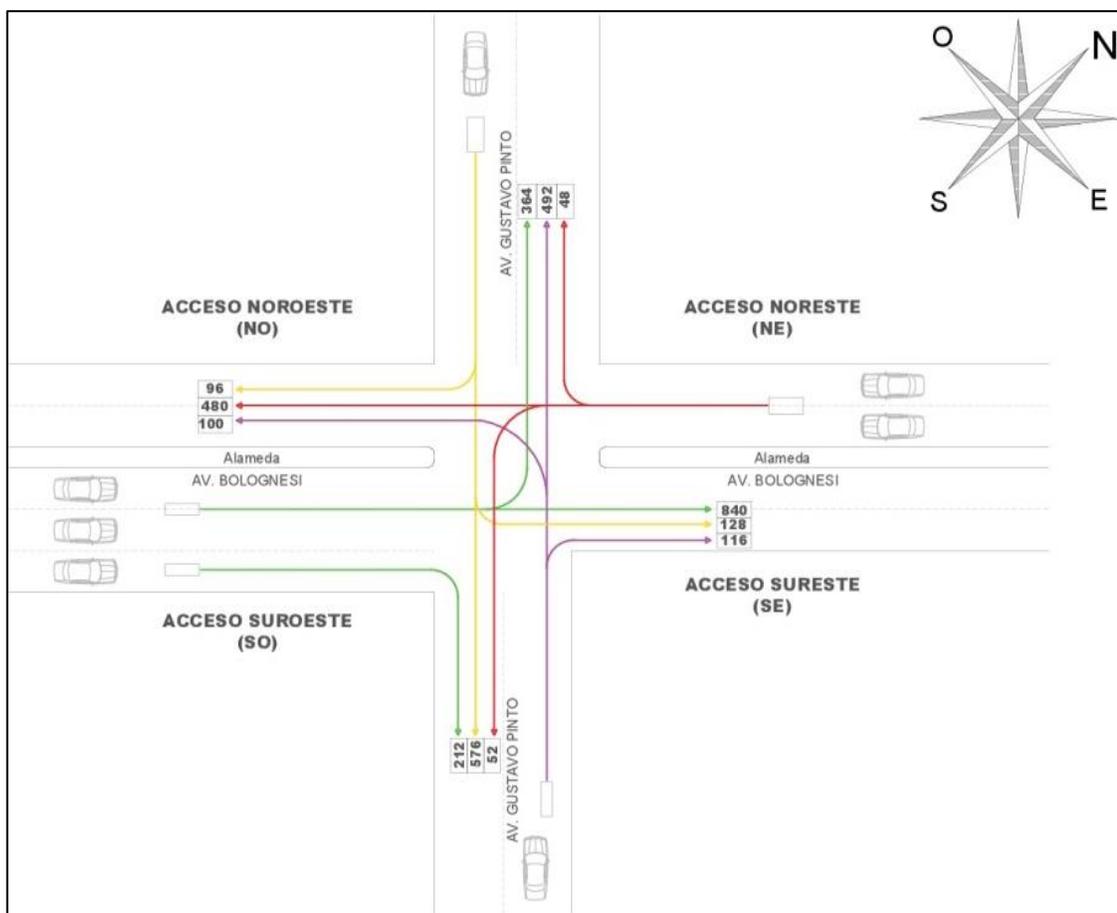
Al seleccionar los 15 minutos más críticos por cada acceso, nos permitió encontrar el peor escenario posible, ya que era el comportamiento vehicular más complicado que se podría presentar; por ende, al simular que este conjunto de vehículos tiene una circulación constante durante toda la hora (multiplicando el $q_{m\acute{a}x}$ por 4) se genera la hora más crítica que se podría dar en la intersección vial, tal como se puede observar en la tabla N°20.

Tabla 20: Vehículos por hora

Acceso	Noroeste			Suroeste			Sureste			Noreste		
Movimiento	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12
Veh/h	128	576	96	364	840	212	100	492	116	52	480	48
Total, Veh/h	800			1416			708			580		

Fuente: Elaboración Propia

Los datos mencionados anteriormente en la tabla N°20, con referencia a los vehículos que transitan por la intersección vial (por hora) fueron de suma importancia porque fueron las magnitudes que se ingresaron en el programa Synchro, en cada acceso y por cada movimiento respectivamente, para un mejor entendimiento se muestra un flujograma correspondiente a la figura N°57.

**Figura 57:** Flujograma del Volumen horario de máxima demanda - VHMD

Fuente: Elaboración Propia

Sin embargo, para efectos de iniciar la simulación de la situación actual en el programa Synchro fueron necesarios algunos datos adicionales como el porcentaje de vehículos pesados por cada acceso según sus movimientos, los vehículos de transporte público que paran por cada acceso, también el número de personas y bicicletas que cruzan la intersección.

En cuanto a la tabla N°21 “Porcentaje de vehículos pesados por acceso” los datos mostrados fueron extraídos de la tabla N°18, teniendo en cuenta el total de vehículos por hora de cada movimiento y el número de vehículos pesados que pasan por cada acceso, hallando así la relación entre ellos.

Tabla 21: Porcentaje de vehículos pesados por acceso

Acceso	Noroeste			Suroeste			Sureste			Noreste		
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12
Total, Veh/h	128	576	96	364	840	212	100	492	116	52	480	48
V.P. Veh/h	4	4	8	0	16	0	0	8	0	4	4	4
%	4	1	9	0	2	0	0	2	0	8	1	9

Fuente: Elaboración Propia

Nota: Se consideró como vehículo pesado bus (2E), camión (2E y 3E) y semi trayler.

Por lo que se refiere a la tabla N°22 “Vehículos de transporte público que paran por acceso” los datos fueron contabilizados mediante un aforo manual en campo, registrando cada vez que alguna de las líneas de transporte urbano atravesó la Av. Bolognesi como la Av. Gustavo Pinto en sus diversos accesos.

Respecto al acceso Noroeste solo se tiene la línea “2B” que circula únicamente por el carril derecho, mientras que en el acceso Suroeste se tienen la línea “5” que tiene su giro para el lado izquierdo, simultáneamente pasan la “30B”, la “6” y la “A” que siguen su camino en dirección recta y por último se encuentran la “22” y la “33” que tienen su giro para el lado derecho con destino hacia C.P.M. Natividad.

Con respecto al acceso Sureste se tiene que la única línea de transporte urbano que pasa por la intersección es la “4” con un movimiento de frente. Para finalizar se encuentra el acceso Noreste, por el cual va la línea “B” con dirección hacia el centro de la ciudad.

Tabla 22: Vehículos de transporte público que paran por acceso

Acceso	Noroeste			Suroeste			Sureste			Noreste		
Movimiento	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12
Veh/h	0	0	10	6	24	22	0	12	0	0	10	0
Total	10			52			12			10		

Fuente: Elaboración Propia

Otro punto es el número de peatones que transitaron por los diferentes accesos de la intersección, lo cual se puede observar en la tabla N°23, estos datos fueron contabilizados mediante un aforo manual en campo, tomando en cuenta la dirección a la que se dirigía cada peatón.

Tabla 23: Número de peatones por hora

Acceso	Noreste			Suroeste			Sureste			Noreste		
Movimiento	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12
# peatones/ h	15	0	9	21	0	35	24	0	12	18	0	10
Total	24			56			36			28		

Fuente: Elaboración Propia

Por lo que se refiere al número de bicicletas por hora (Ver tabla N°24), estas cantidades fueron extraídas de la tabla N°18 provenientes también de un aforo manual en campo. No se registró ninguna bicicleta conflictiva en los accesos.

Tabla 24: Número de bicicletas por hora

Acceso	Noreste			Suroeste			Sureste			Noreste		
Movimiento	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12
# bicicletas/ h	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Total	1			0			1			0		

Fuente: Elaboración Propia

6.2. Parámetros de análisis básicos

En la Tabla N°25 se muestra un cuadro resumen de los datos requeridos para desarrollar un análisis operacional, precisando la información necesaria, que se asocian en las siguientes categorías: tránsito, semaforización y geometría.

Tabla 25: Parámetros de análisis básicos

Tipo de condición	Parámetro	Acceso Noroeste	Acceso Sureste	Acceso Suroeste	Acceso Noreste
Geométricas	Tipo de área	No CBD	No CBD	No CBD	No CBD
	Número de carriles, N	2	3	1	2
	Ancho promedio de carriles, W (m)	3.6	3.4	4.7	2.9
	Pendiente, G (%)	0	3	0	-3
	Existencia de carriles exclusivos, LT o RT	No	No	No	No
	Extensión de bahías, LT o RT, Ls (m)	No	No	No	No
	Estacionamiento	No	No	No	No
Tránsito	Volumen total de demanda por movimiento (veh/h)	800	1416	708	580
	Flujo de saturación base, S_o (veh/h)	1900	1900	1900	1900
	Porcentaje de vehículos pesados HV (%)	14	2	2	18

	Flujo peatonal en el acceso (peatones/h)	24	56	36	28
	Transporte Público que paran en la intersección, Nb (vehículos/h)	10	52	12	10
	Actividad de estacionamiento, Nm (maniobras/h)	0	0	0	0
	Velocidad de aproximación, S_A (km/h)	50	50	50	50
Semáforos	Longitud del ciclo, C (s)	80	80	80	80
	Tiempo en verde, G (s)	17	17	17	17
	Todo rojo + amarillo, intervalo de cambio y despeje, entreverde, Y(s)	3	3	3	3
	Operación accionada o prefija	No	No	No	No
	Botón peatonal	0	0	0	0
	Verde mínimo peatonal, G_p (s)	4	4	4	4
	Plan de fases	3	2	1	4
	Periodo de análisis, T (h)	0.25	0.25	0.25	0.25

Fuente: Elaboración Propia

Nota: Basado en Highway Capacity Manual – HCM 2010

Una vez determinada la hora pico con los volúmenes por cada acceso, y hacer el registro de datos en campo, se procedió a meter la información al software Synchro 8.0 como se mostrará a continuación:

6.3. Simulación real con el programa Synchro 8.0

En la pantalla se pudo observar en la parte de la derecha las herramientas o botones que sirven para construir la red y también para visualizar los resultados que se han obtenido.

También como en todo software hay un menú con diferentes opciones, los botones para grabar los archivos, para imprimir y para deshacer.

Principalmente nos enfocamos en las 4 primeros plantillas de la tercera fila porque son las que nos permitieron realizar el estudio de capacidad, nivel de servicio y después una coordinación de semáforos.

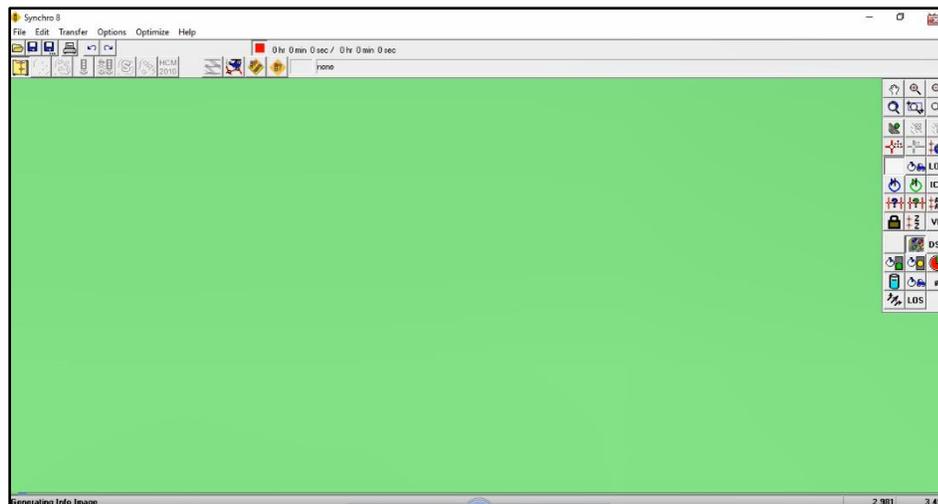


Figura 58: Pantalla principal del programa Synchro 8.0

Fuente: Programa Synchro V8.0

Para realizar el análisis lo primero que se hizo fue crear la intersección.

Insertamos la imagen satelital

Primero “File: Select Backgrounds”

En “Add File(s)”: Seleccionamos la imagen satelital de Google Maps.

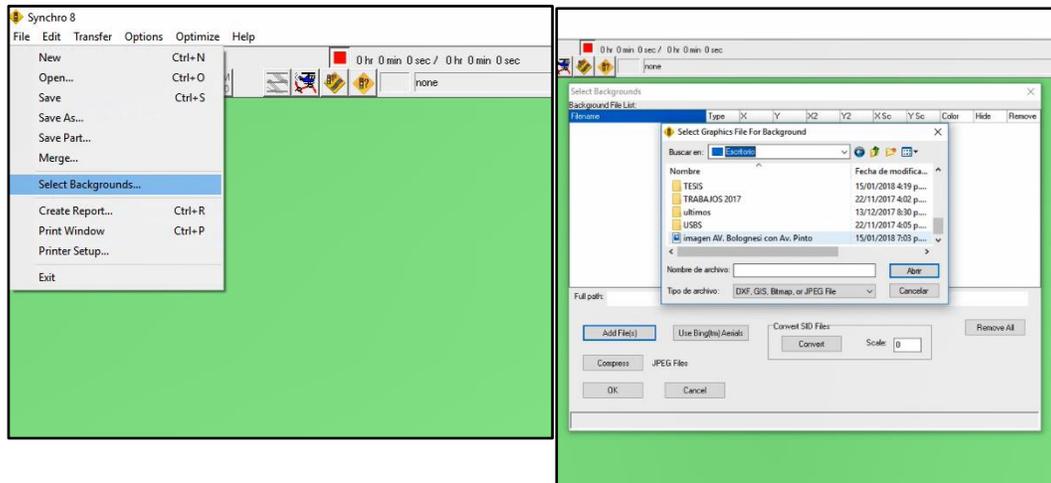


Figura 59: Forma de insertar imagen satelital en el programa Synchro 8.0

Fuente: Programa Synchro V8.0

En “World Coordinates”: Colocamos las coordenadas de la intersección.

En “Scale” colocamos la escala que es el ancho de la imagen, es decir, la distancia horizontal medida de la primera calle hasta la otra calle que corta a la Av. Bolognesi en la imagen, estos datos fueron sacados del plano catastral proporcionado por la MPT.

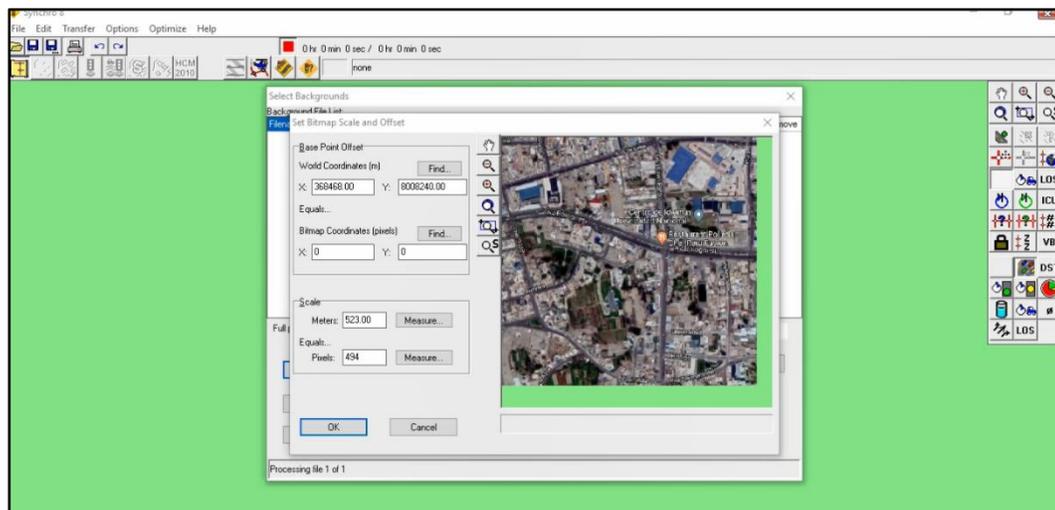


Figura 60: Coordenadas de la intersección en el programa Synchro 8.0

Fuente: Programa Synchro V8.0

En “Map Window” se observa la imagen satelital insertada de la intersección.

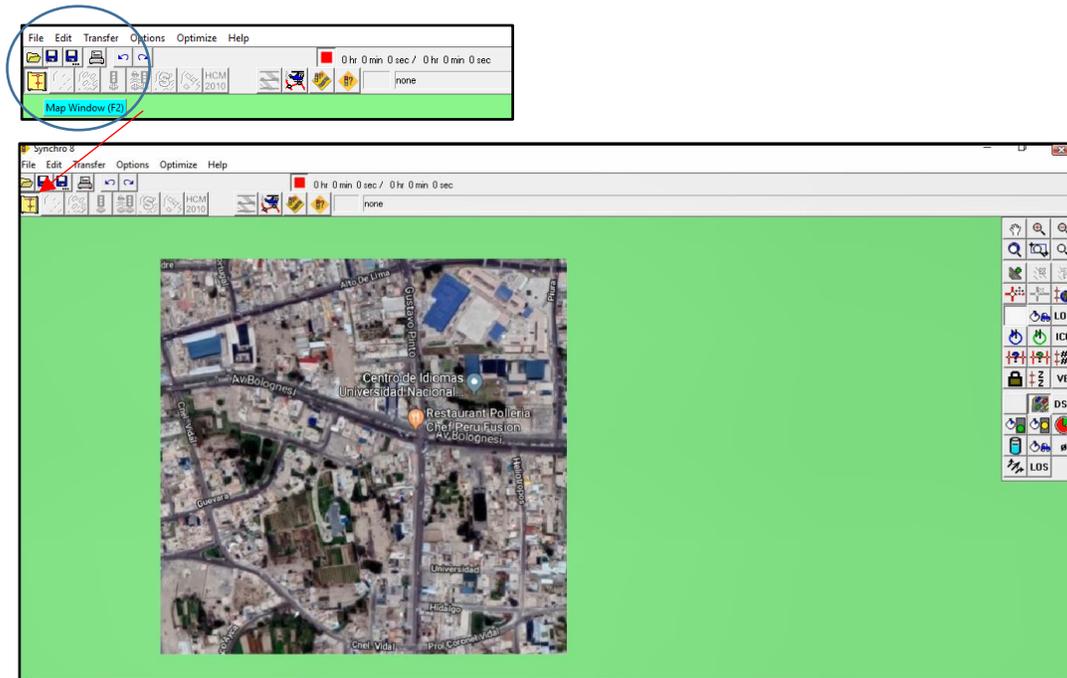


Figura 61: Imagen satelital insertada en el programa Synchro 8.0

Fuente: Programa Synchro V8.0

Trazo de vías

Con el comando “Add link” se traza las vías.

Se trazó la Av. Gustavo Pinto y la Av. Bolognesi intersecándolas de manera recta.

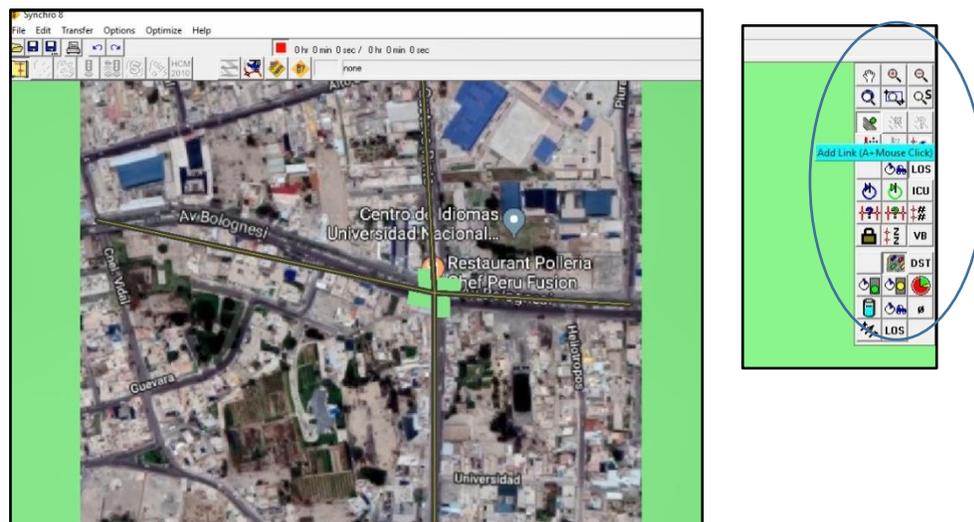


Figura 62: Trazo de vías Av. Bolognesi y Av. Gustavo Pinto

Fuente: Programa Synchro V8.0

Luego se le dio la forma curvilínea a las vías donde fue necesario, asemejándolo a lo real.

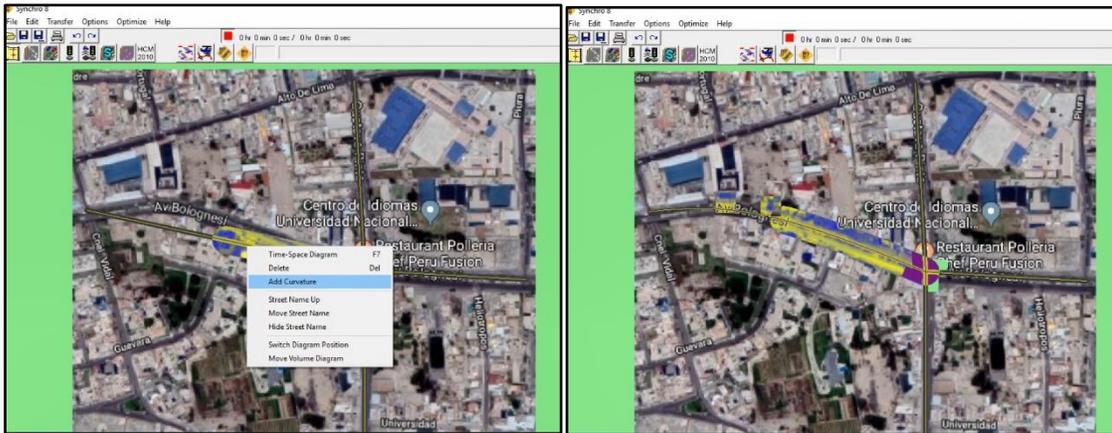


Figura 63: Curvas en Av. Bolognesi.
Fuente: Programa Synchro V8.0

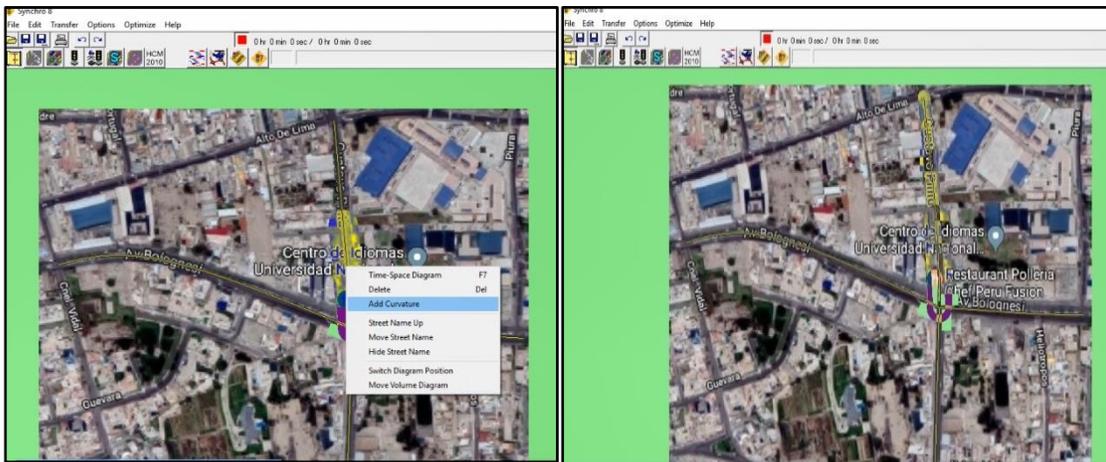


Figura 64: Curvas en Av. Gustavo Pinto.
Fuente: Programa Synchro V8.0

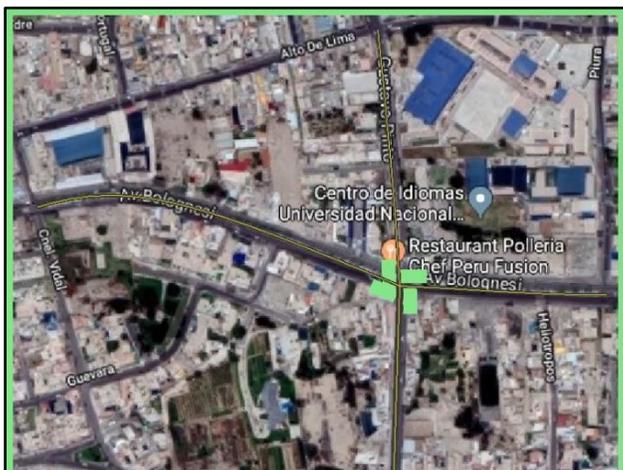
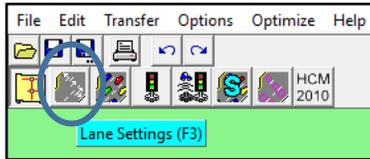


Figura 65: Simulación real de la intersección.
Fuente: Programa Synchro V8.0

Configuración de carriles

En la segunda plantilla “Lane Settings” se ingresó la información con respecto a la configuración de carriles de la siguiente manera:



Colocamos en la tercera fila en “Street Name” el nombre de las vías.

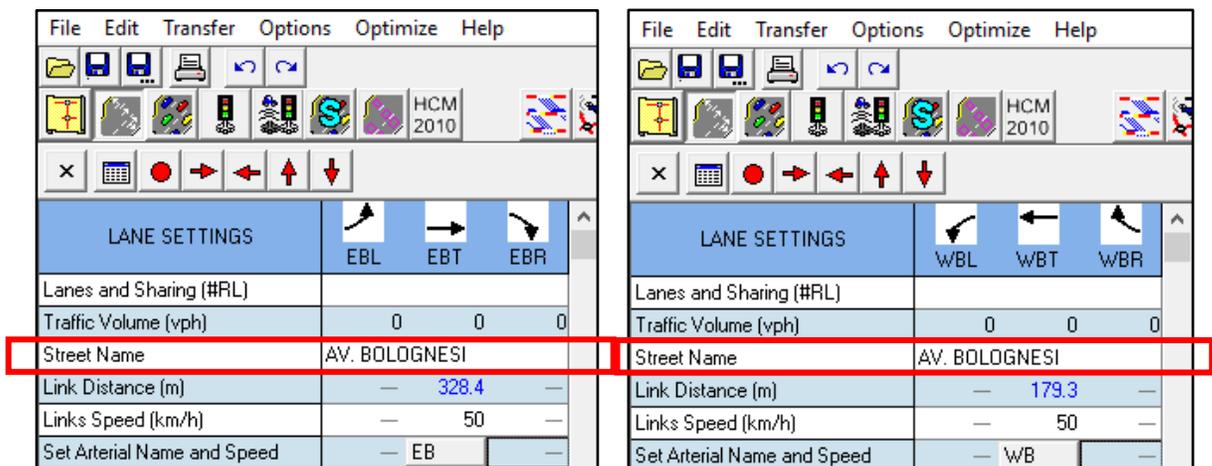


Figura 66: Nombre de la vía Este y Oeste: Av. Bolognesi.

Fuente: Programa Synchro V8.0

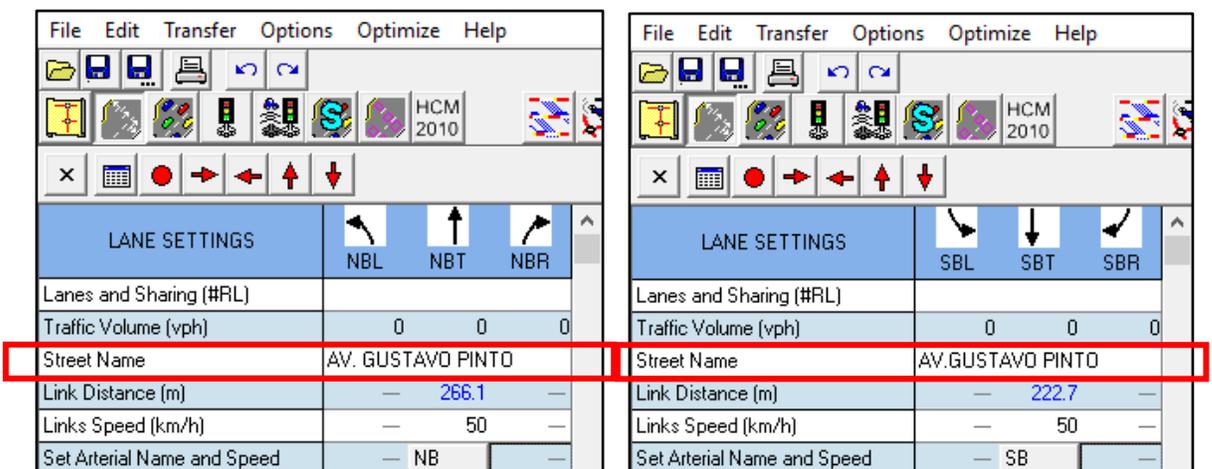


Figura 67: Nombre de la vía Norte y Sur: Av. Gustavo Pinto.

Fuente: Programa Synchro V8.0

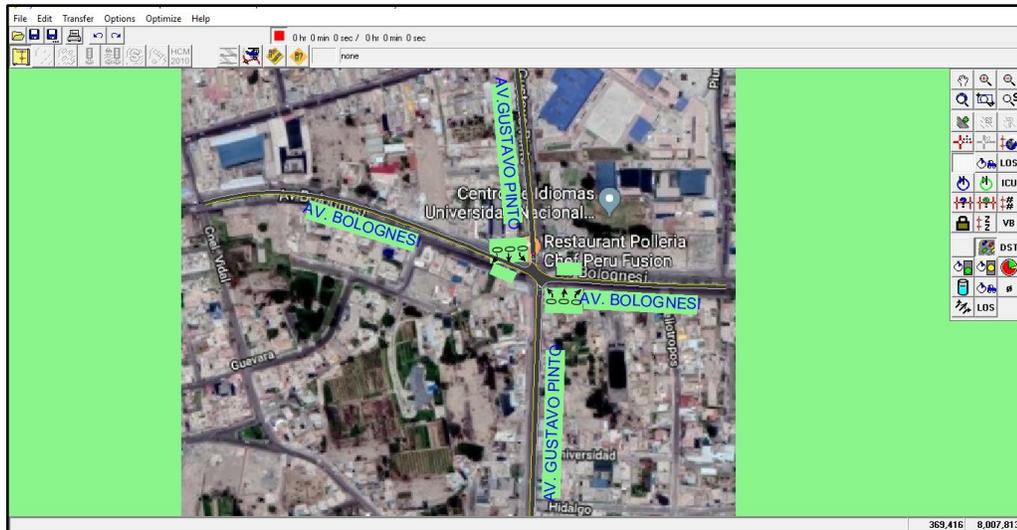


Figura 68: Nombre de las vías en la intersección.

Fuente: Programa Synchro V8.0

Para ingresar la información primero tuvimos que reorientar la intersección, esto debido a las limitaciones que tiene el programa, por ende, para fines de procesamiento de datos en el Synchro, se trabajó de aquí en adelante denominando al acceso Noroeste como “Sur”, al acceso Sureste como “Norte”, al acceso Suroeste como “Este”, y al acceso Noreste como “Oeste”. (Ver figura N°14).

En el cuadro de “Lane Settings” se tiene el término EB que son los flujos vehiculares que van hacia el Este, el término WB que son los flujos vehiculares que van hacia el Oeste, de la misma forma el término NB que son los que van hacia el Norte, y el término SB que son los que van hacia el Sur.

En la primera fila “Lanes and Sharing” se ingresa los carriles de entrada por cada acceso con sus correspondientes giros o movimientos que dan los vehículos al llegar a la intersección.

LANE SETTINGS			
	EBL	EBT	EBR
Lanes and Sharing (#RL)	↑↑	↑	↑
Traffic Volume (vph)	0	0	0
Street Name	AV. BOLOGNESI		
Link Distance (m)	—	328.4	—
Links Speed (km/h)	—	50	—
Set Arterial Name and Speed	—	EB	—

Figura 69: Acceso Este: 3 carriles: uno compartido defrente e izquierda, el otro de frente, y el tercer carril compartido de frente y derecha.

Fuente: Programa Synchro V8.0

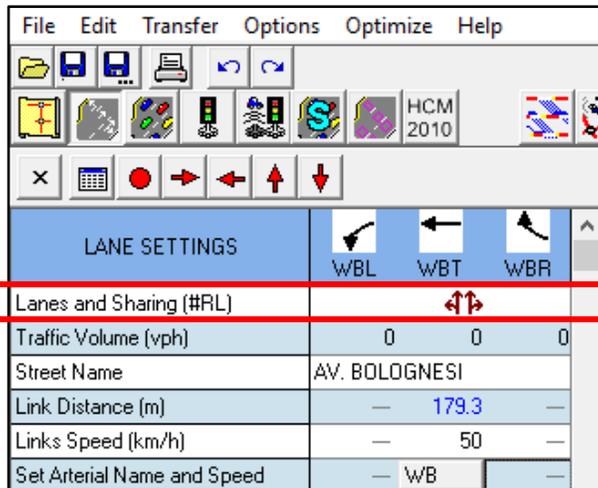


Figura 70: Acceso Oeste: 2 carriles: uno compartido izquierda y de frente, y el otro compartido de frente y derecha.

Fuente: Programa Synchro V8.0

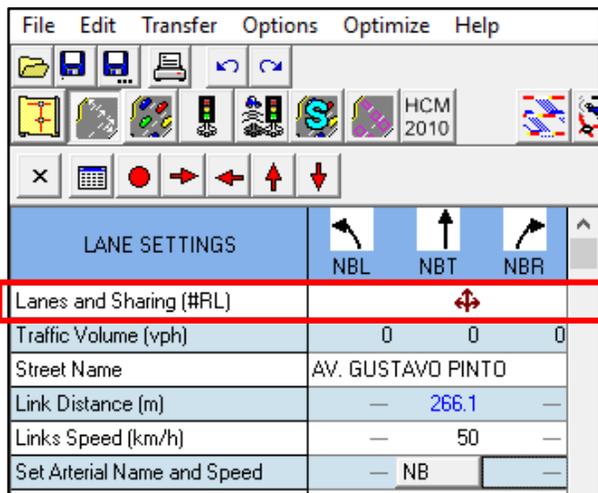


Figura 71: Acceso Norte: 1 carril compartido izquierda, de frente y derecha.

Fuente: Programa Synchro V8.0

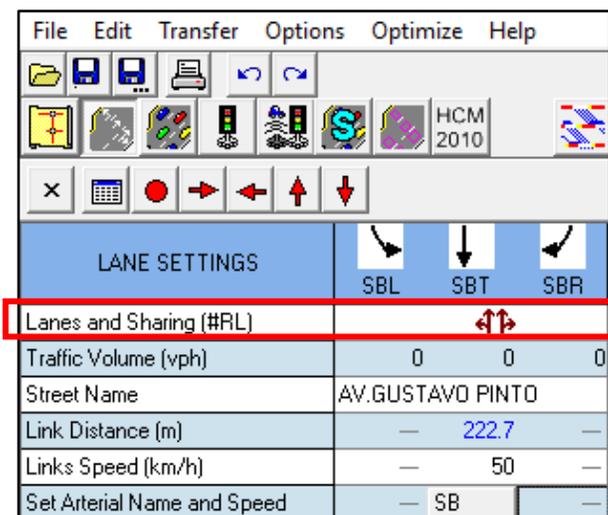


Figura 72: Acceso Sur: 2 carriles compartidos uno izquierda y de frente, el otro derecha y defrente.

Fuente: Programa Synchro V8.0

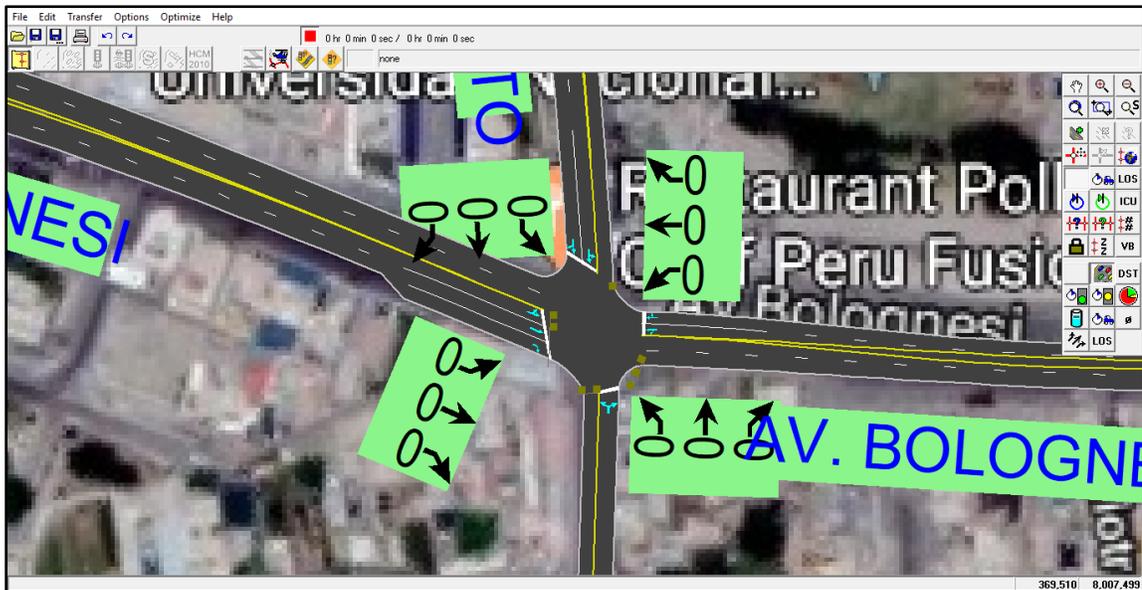


Figura 73: Grupo de carriles de entrada con sus respectivos giros en la intersección.

Fuente: Programa Synchro V8.0

En la segunda fila “Traffic Volume” se ingresaron los volúmenes de tráfico en vehículos mixtos por sentido de movimiento en cada acceso de entrada, determinados en el capítulo anterior (Ver tabla N°20).

Estos flujos vehiculares están expresados en vehículos por hora y además son múltiplo de 4 porque hacen referencia al periodo de 15 minutos más cargados dentro de la hora pico.

LANE SETTINGS			
	EBL	EBT	EBR
Lanes and Sharing (#RL)		↕↕	↗
Traffic Volume (vph)	364	840	212
Street Name	AV. BOLOGNESI		
Link Distance (m)	—	328.4	—
Links Speed (km/h)	—	50	—
Set Arterial Name and Speed	—	EB	—

Figura 74: Flujos vehiculares en el acceso Este según su movimiento en la entrada a la intersección.

Fuente: Programa Synchro V8.0

File Edit Transfer Options Optimize Help			
Lanes and Sharing (#RL)	↕		
Traffic Volume (vph)	52	480	48
Street Name	AV. BOLOGNESI		
Link Distance (m)	—	179.3	—
Links Speed (km/h)	—	50	—
Set Arterial Name and Speed	—	WB	—

Figura 75: Flujos vehiculares en el acceso Oeste según su movimiento en la entrada a la intersección.

Fuente: Programa Synchro V8.0

File Edit Transfer Options Optimize Help			
Lanes and Sharing (#RL)	↕		
Traffic Volume (vph)	100	492	116
Street Name	AV. GUSTAVO PINTO		
Link Distance (m)	—	266.1	—
Links Speed (km/h)	—	50	—
Set Arterial Name and Speed	—	NB	—

Figura 76: Flujos vehiculares en el acceso Norte según su movimiento en la entrada a la intersección.

Fuente: Programa Synchro V8.0

File Edit Transfer Options Optimize Help			
Lanes and Sharing (#RL)	↕		
Traffic Volume (vph)	128	576	96
Street Name	AV.GUSTAVO PINTO		
Link Distance (m)	—	222.7	—
Links Speed (km/h)	—	50	—
Set Arterial Name and Speed	—	SB	—

Figura 77: Flujos vehiculares en el acceso Sur según su movimiento en la entrada a la intersección.

Fuente: Programa Synchro V8.0

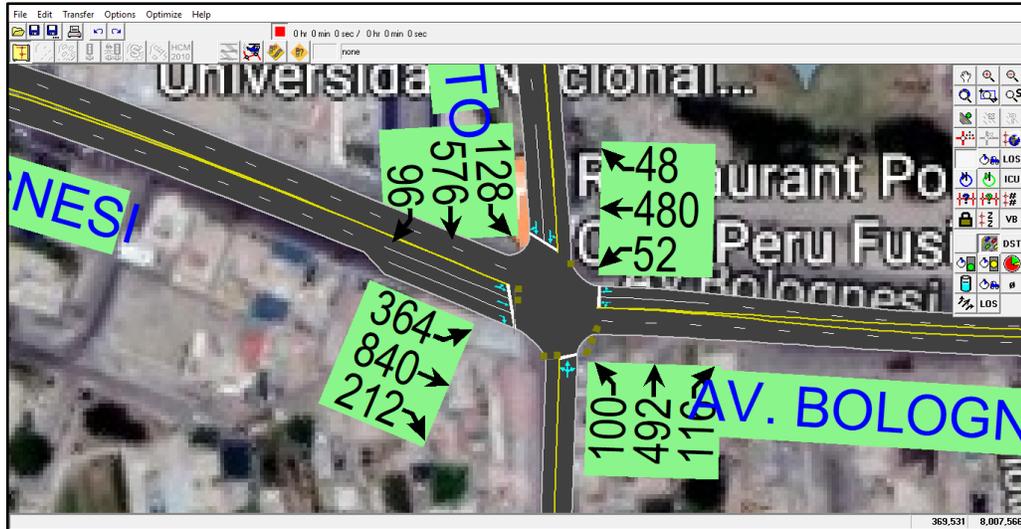


Figura 78: Flujos vehiculares por acceso y sentido de movimiento en la intersección.

Fuente: Programa Synchro V8.0

En la cuarta fila “Link Distance” el programa por defecto nos calculó la distancia de cada tramo o acceso en la intersección.

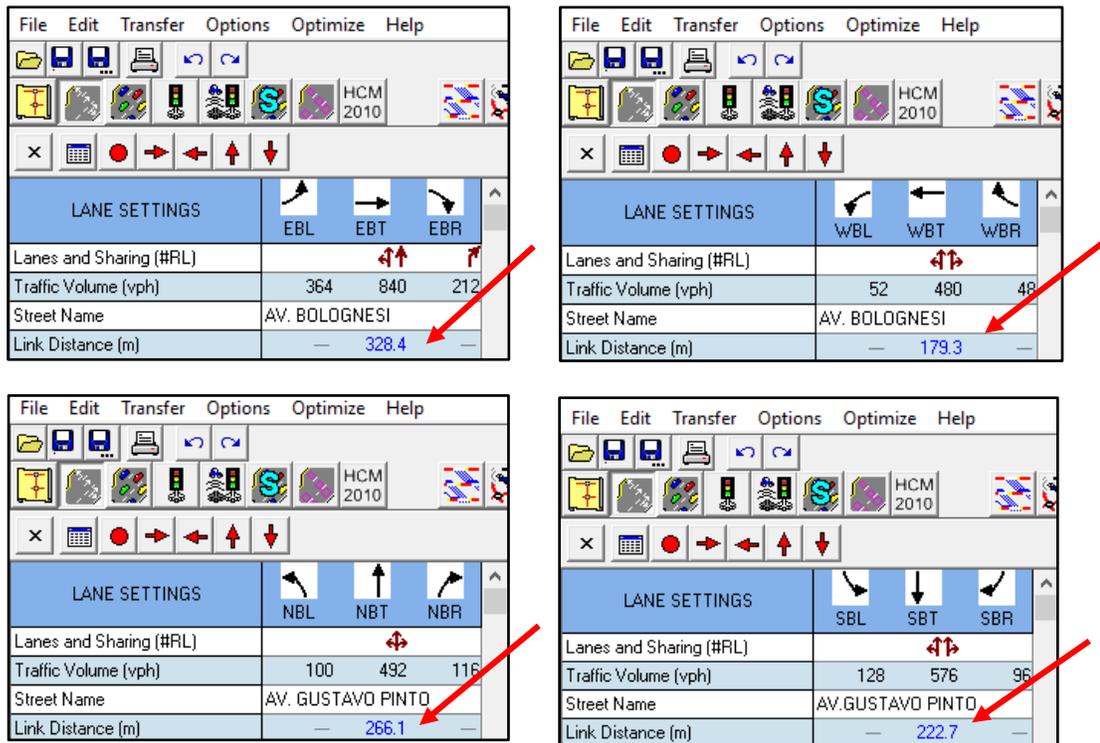


Figura 79: Distancia de los 4 accesos a la intersección.

Fuente: Programa Synchro V8.0

En la quinta fila “Links Speed” (km/h) se colocó la velocidad de aproximación con la que los vehículos entran a la intersección.

Se asumió una velocidad promedio de 50 km/h. Siendo este cálculo no muy relevante para el estudio del nivel de servicio y de capacidad de la intersección.

The figure consists of four screenshots of the Synchro HCM 2010 software interface, arranged in a 2x2 grid. Each screenshot shows the 'LANE SETTINGS' window for a different approach to an intersection. The 'Links Speed (km/h)' field is highlighted with a red box in each screenshot, and its value is consistently 50 km/h.

Approach	Links Speed (km/h)
EBL, EBT, EBR (AV. BOLOGNESI)	50
WBL, WBT, WBR (AV. BOLOGNESI)	50
NBL, NBT, NBR (AV. GUSTAVO PINTO)	50
SBL, SBT, SBR (AV. GUSTAVO PINTO)	50

Figura 80: Velocidad de aproximación de los vehículos por acceso a la intersección.

Fuente: Programa Synchro V8.0

La séptima fila “Travel Time” corresponde al tiempo de viaje en segundos que demora en llegar a la intersección a cada acceso.

El programa lo calculó en función de la distancia y la velocidad. No tiene mayor relevancia éste resultado para el caso del estudio nivel de servicio y de capacidad.

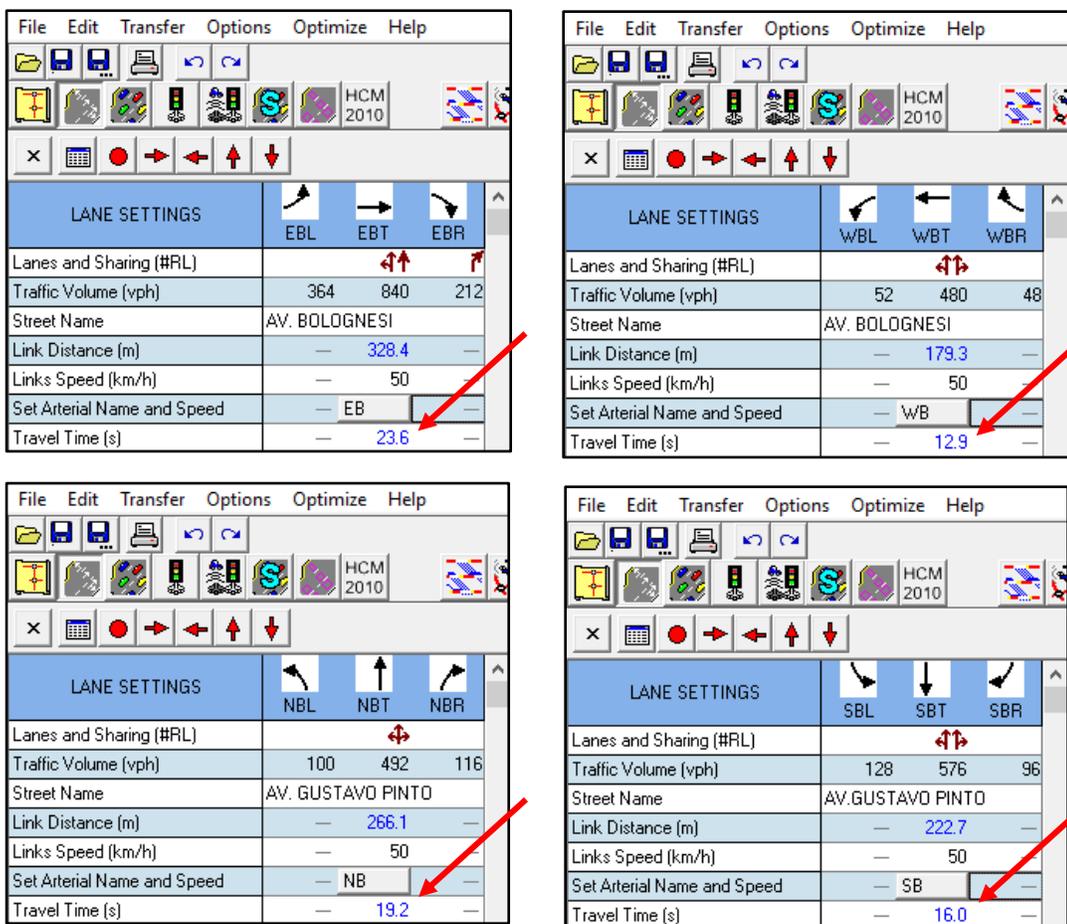


Figura 81: Tiempos de viaje por cada acceso de la intersección.

Fuente: Programa Synchro V8.0

En la octava fila “Ideal Satd. Flow” se refiere al flujo de saturación ideal básico, donde el HCM 2010 sugiere 1900 vehículos por hora por carril (Veh/ hora/carril).

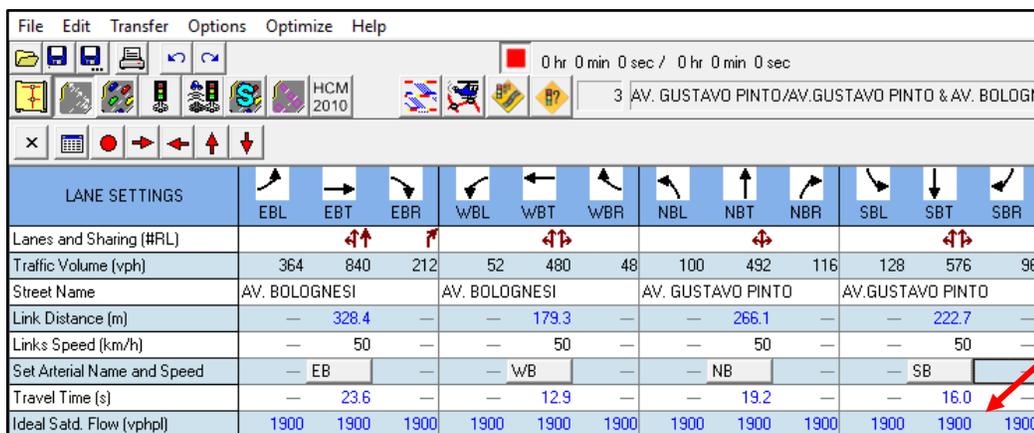
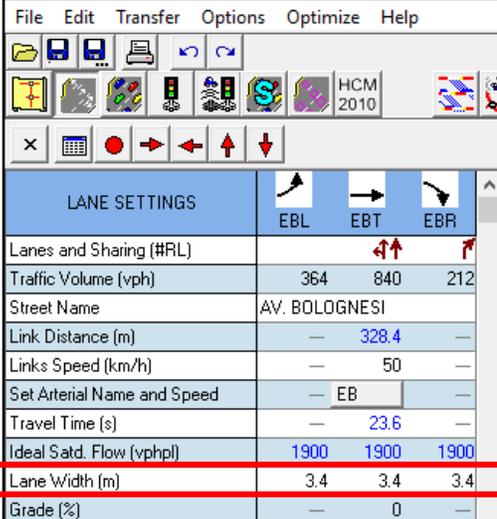


Figura 82: Flujo de saturación ideal básico recomendado por el HCM 2010.

Fuente: Programa Synchro V8.0

En la novena fila “Lane Width” se modificó los anchos de carriles reales de acuerdo a las condiciones de la intersección por cada acceso a ella.

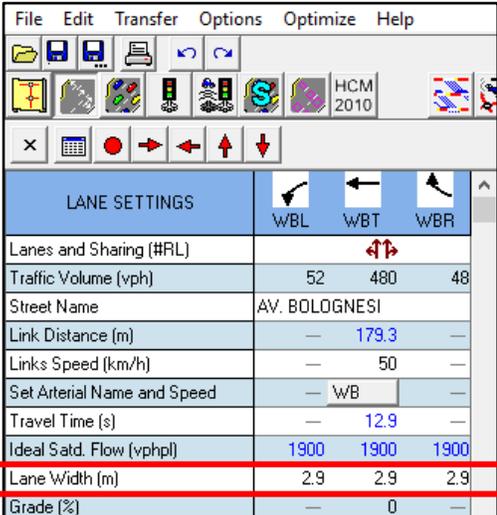


The screenshot shows the 'LANE SETTINGS' window for the East Access. The 'Lane Width (m)' row is highlighted with a red box, showing values of 3.4 for all three lanes (EBL, EBT, EBR).

LANE SETTINGS			
	EBL	EBT	EBR
Lanes and Sharing (#RL)			
Traffic Volume (vph)	364	840	212
Street Name	AV. BOLOGNESI		
Link Distance (m)	—	328.4	—
Links Speed (km/h)	—	50	—
Set Arterial Name and Speed	— EB —		
Travel Time (s)	—	23.6	—
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.4	3.4	3.4
Grade (%)	—	0	—

Figura 83: Ancho de carriles de entrada al acceso Este.

Fuente: Programa Synchro V8.0

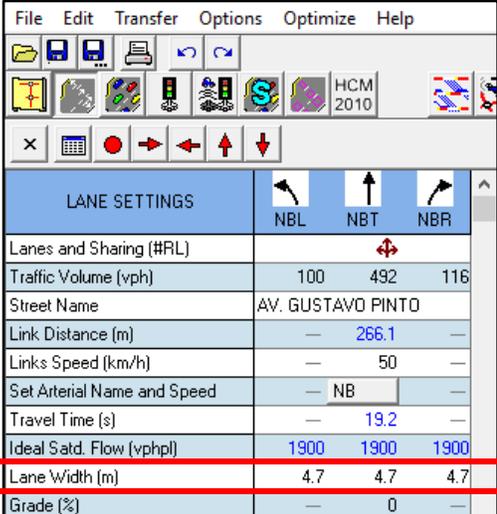


The screenshot shows the 'LANE SETTINGS' window for the West Access. The 'Lane Width (m)' row is highlighted with a red box, showing values of 2.9 for all three lanes (WBL, WBT, WBR).

LANE SETTINGS			
	WBL	WBT	WBR
Lanes and Sharing (#RL)			
Traffic Volume (vph)	52	480	48
Street Name	AV. BOLOGNESI		
Link Distance (m)	—	179.3	—
Links Speed (km/h)	—	50	—
Set Arterial Name and Speed	— WB —		
Travel Time (s)	—	12.9	—
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900
Lane Width (m)	2.9	2.9	2.9
Grade (%)	—	0	—

Figura 84: Ancho de carriles de entrada al acceso Oeste.

Fuente: Programa Synchro V8.0



The screenshot shows the 'LANE SETTINGS' window for the North Access. The 'Lane Width (m)' row is highlighted with a red box, showing values of 4.7 for all three lanes (NBL, NBT, NBR).

LANE SETTINGS			
	NBL	NBT	NBR
Lanes and Sharing (#RL)			
Traffic Volume (vph)	100	492	116
Street Name	AV. GUSTAVO PINTO		
Link Distance (m)	—	266.1	—
Links Speed (km/h)	—	50	—
Set Arterial Name and Speed	— NB —		
Travel Time (s)	—	19.2	—
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900
Lane Width (m)	4.7	4.7	4.7
Grade (%)	—	0	—

Figura 85: Ancho de carril de entrada al acceso Norte.

Fuente: Programa Synchro V8.0

LANE SETTINGS			
	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)	↕↕		
Traffic Volume (vph)	128	576	96
Street Name	AV. GUSTAVO PINTO		
Link Distance (m)	—	222.7	—
Links Speed (km/h)	—	50	—
Set Arterial Name and Speed	—	SB	—
Travel Time (s)	—	16.0	—
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.6	3.6	3.6
Grade (%)	—	0	—

Figura 86: Ancho de carril de entrada al acceso Sur.

Fuente: Programa Synchro V8.0

En la décima fila “Grade” es la pendiente la cual se expresa en porcentaje y se establece a partir del sentido de aproximación hacia la intersección. Si ésta es negativa los vehículos irán cuesta abajo.

LANE SETTINGS			
	EBL	EBT	EBR
Lanes and Sharing (#RL)	↕↕↕		
Traffic Volume (vph)	364	840	212
Street Name	AV. BOLOGNESI		
Link Distance (m)	—	328.4	—
Links Speed (km/h)	—	50	—
Set Arterial Name and Speed	—	EB	—
Travel Time (s)	—	23.6	—
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.4	3.4	3.4
Grade (%)	—	3	—
Area Type CBD	—	<input type="checkbox"/>	—

LANE SETTINGS			
	WBL	WBT	WBR
Lanes and Sharing (#RL)	↕↕		
Traffic Volume (vph)	52	480	48
Street Name	AV. BOLOGNESI		
Link Distance (m)	—	179.3	—
Links Speed (km/h)	—	50	—
Set Arterial Name and Speed	—	WB	—
Travel Time (s)	—	12.9	—
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900
Lane Width (m)	2.9	2.9	2.9
Grade (%)	—	-3	—
Area Type CBD	—	<input type="checkbox"/>	—

Figura 87: Pendiente de aproximación del acceso Este y Oeste hacia la intersección.

Fuente: Programa Synchro V8.0

LANE SETTINGS				NBL	NBT	NBR
Lanes and Sharing (#RL)				↕		
Traffic Volume (vph)	100	492	116			
Street Name	AV. GUSTAVO PINTO					
Link Distance (m)	—	266.1	—			
Links Speed (km/h)	—	50	—			
Set Arterial Name and Speed	—	NB	—			
Travel Time (s)	—	19.2	—			
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900			
Lane Width (m)	4.7	4.7	4.7			
Grade (%)	—	0	—			
Area Type CBD	—	<input type="checkbox"/>	—			

LANE SETTINGS				SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)				↕		
Traffic Volume (vph)	128	576	96			
Street Name	AV. GUSTAVO PINTO					
Link Distance (m)	—	222.7	—			
Links Speed (km/h)	—	50	—			
Set Arterial Name and Speed	—	SB	—			
Travel Time (s)	—	16.0	—			
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900			
Lane Width (m)	3.6	3.6	3.6			
Grade (%)	—	0	—			
Area Type CBD	—	<input type="checkbox"/>	—			

Figura 88: Pendiente de aproximación del acceso Norte y Sur hacia la intersección.

Fuente: Programa Synchro V8.0

En la onceava fila aparece una casilla “Area Type CBD” (Central Business District) es decir el centro de la ciudad, este tipo de zona se caracteriza por presentar una notable cantidad de maniobras de parqueo, estrechamiento de la carretera por distintas causas y actividad peatonal, como la avenida no se encuentra en el centro de la ciudad no se seleccionó la casilla.

LANE SETTINGS												
	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)	↕			↕			↕			↕		
Traffic Volume (vph)	364	840	212	52	480	48	100	492	116	128	576	96
Street Name	AV. BOLOGNESI			AV. BOLOGNESI			AV. GUSTAVO PINTO			AV. GUSTAVO PINTO		
Link Distance (m)	—	328.4	—	—	179.3	—	—	266.1	—	—	222.7	—
Links Speed (km/h)	—	50	—	—	50	—	—	50	—	—	50	—
Set Arterial Name and Speed	—	EB	—	—	WB	—	—	NB	—	—	SB	—
Travel Time (s)	—	23.6	—	—	12.9	—	—	19.2	—	—	16.0	—
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.4	3.4	3.4	2.9	2.9	2.9	4.7	4.7	4.7	3.6	3.6	3.6
Grade (%)	—	3	—	—	-3	—	—	0	—	—	0	—
Area Type CBD	—	<input type="checkbox"/>	—	—	<input type="checkbox"/>	—	—	<input type="checkbox"/>	—	—	<input type="checkbox"/>	—
Storage Length (m)	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0

Figura 89: La intersección no se encuentra en el centro de la ciudad.

Fuente: Programa Synchro V8.0

En la doceava fila “Storage Length” corresponde a la longitud del carril para el giro a la derecha o a la izquierda. Se tiene sólo un carril compartido a la derecha en la intersección en el acceso Este con una longitud de 27m.

En la treceava fila “Storage Lanes” se colocó el número de carriles que tienen esa longitud.

LANE SETTINGS			
	EBL	EBT	EBR
Lanes and Sharing (#RL)		↕↕	↗
Traffic Volume (vph)	364	840	212
Street Name	AV. BOLOGNESI		
Link Distance (m)	—	328.4	—
Links Speed (km/h)	—	50	—
Set Arterial Name and Speed	—	EB	—
Travel Time (s)	—	23.6	—
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.4	3.4	3.4
Grade (%)	—	3	—
Area Type CBD	—	<input type="checkbox"/>	—
Storage Length (m)	0.0	—	27.0
Storage Lanes (#)	—	—	1
Right Turn Channelized	—	—	None

Figura 90: Longitud de carril compartido con giro a la derecha en el acceso Este.

Fuente: Programa Synchro V8.0

En la catorceava fila “Right Turn Channelized” es para hacer una canalización del giro a la derecha que puede estar regida por un semáforo o de otra señal de tránsito como ceda el paso, stop, o sin señalización. En nuestro caso no hay una canalización para el giro a la derecha que esté semaforizada.

En la quinceava fila “Curb Radius” se le puede asignar un radio a dicha curva, en nuestro caso no se tiene esa canalización con semáforo.

LANE SETTINGS	  		
	EBL	EBT	EBR
Lanes and Sharing (#RL)		↕↕	↗
Traffic Volume (vph)	364	840	212
Street Name	AV. BOLOGNESI		
Link Distance (m)	—	328.4	—
Links Speed (km/h)	—	50	—
Set Arterial Name and Speed	—	EB	—
Travel Time (s)	—	23.6	—
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.4	3.4	3.4
Grade (%)	—	3	—
Area Type CBD	—	<input type="checkbox"/>	—
Storage Length (m)	0.0	—	27.0
Storage Lanes (#)	—	—	1
Right Turn Channelized	—	—	None
Curb Radius (m)	—	—	—
Add Lanes (#)	—	—	—

Figura 91: Carril de giro a la derecha con semáforo.

Fuente: Programa Synchro V8.0

Finalmente, en las filas siguientes de la plantilla se muestra los cálculos que hace el programa de los factores que afectan el flujo de saturación basándose en el Manual HCM 2010.

Estos cálculos han sido comprobados en base a la teoría y metodología del Manual HCM 2010 explicados en el capítulo II.

Lane Utilization Factor	0.95	0.95	1.00	0.95	0.95	0.95	1.00	1.00	1.00	0.95	0.95	0.95
Right Turn Factor	—	1.000	0.850	—	0.988	—	—	0.978	—	—	0.982	—
Left Turn Factor (prot)	—	0.985	1.000	—	0.996	—	—	0.993	—	—	0.992	—
Saturated Flow Rate (prot)	—	3215	1419	—	3174	—	—	1935	—	—	3422	—
Left Turn Factor (perm)	—	0.985	1.000	—	0.996	—	—	0.993	—	—	0.992	—
Right Ped Bike Factor	—	1.000	0.894	—	0.996	—	—	0.995	—	—	0.997	—
Left Ped Factor	—	0.993	1.000	—	0.999	—	—	0.998	—	—	0.999	—
Saturated Flow Rate (perm)	—	3193	1269	—	3172	—	—	1931	—	—	3417	—

Figura 92: Cálculos de los factores que afectan el flujo de saturación realizados por el programa Synchro 8.0 basados en el Manual HCM 2010.

Fuente: Programa Synchro V8.0

Seguidamente a los resultados se muestra la casilla “Right Turn on Red” que se activa sólo cuando se permita un giro a la derecha aun cuando esté el semáforo en tiempo rojo, dependiendo de las condiciones de volúmenes de los accesos opuestos, permitan girar sin problemas. Se activó esta casilla para simular la flecha de los semáforos que tienen un tiempo para girar a la derecha en color rojo del semáforo.

Quedando así el cuadro de “Lane Settings” en el programa Synchro 8.0

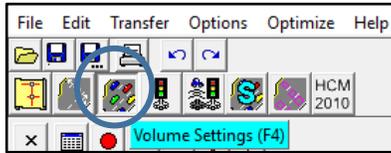
LANE SETTINGS	  			  			  			  		
	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)	↕↑ ↕↑ ↕↑			↕↔ ↕↔ ↕↔			↕↔ ↕↔ ↕↔			↕↔ ↕↔ ↕↔		
Traffic Volume (vph)	364	840	212	52	480	48	100	492	116	128	576	96
Street Name	AV. BOLOGNESI			AV. BOLOGNESI			AV. GUSTAVO PINTO			AV. GUSTAVO PINTO		
Link Distance (m)	— 328.4 —			— 179.3 —			— 266.1 —			— 222.7 —		
Links Speed (km/h)	— 50 —			— 50 —			— 50 —			— 50 —		
Set Arterial Name and Speed	— EB —			— WB —			— NB —			— SB —		
Travel Time (s)	— 23.6 —			— 12.9 —			— 19.2 —			— 16.0 —		
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.4	3.4	3.4	2.9	2.9	2.9	4.7	4.7	4.7	3.6	3.6	3.6
Grade (%)	— 3 —			— -3 —			— 0 —			— 0 —		
Area Type CBD	— <input type="checkbox"/> —			— <input type="checkbox"/> —			— <input type="checkbox"/> —			— <input type="checkbox"/> —		
Storage Length (m)	0.0	—	27.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0
Storage Lanes (#)	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Right Turn Channelized	—	—	None	—	—	None	—	—	None	—	—	None
Curb Radius (m)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Add Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lane Utilization Factor	0.95	0.95	1.00	0.95	0.95	0.95	1.00	1.00	1.00	0.95	0.95	0.95
Right Turn Factor	—	1.000	0.850	—	0.988	—	—	0.978	—	—	0.982	—
Left Turn Factor (prot)	—	0.985	1.000	—	0.996	—	—	0.993	—	—	0.992	—
Saturated Flow Rate (prot)	—	3215	1419	—	3174	—	—	1935	—	—	3422	—
Left Turn Factor (perm)	—	0.985	1.000	—	0.996	—	—	0.993	—	—	0.992	—
Right Ped Bike Factor	—	1.000	0.894	—	0.996	—	—	0.995	—	—	0.997	—
Left Ped Factor	—	0.993	1.000	—	0.999	—	—	0.998	—	—	0.999	—
Saturated Flow Rate (perm)	—	3193	1269	—	3172	—	—	1931	—	—	3417	—
Right Turn on Red?	—	—	<input checked="" type="checkbox"/>	—	—	<input checked="" type="checkbox"/>	—	—	<input checked="" type="checkbox"/>	—	—	<input checked="" type="checkbox"/>
Saturated Flow Rate (RTOR)	—	0	114	—	11	—	—	11	—	—	17	—

Figura 93: Cuadro “Lane Settings” del programa Synchro 8.0.

Fuente: Programa Synchro V8.0

Configuración de volúmenes

En la tercera plantilla “Volumen Settings” se ingresó la información con respecto a la configuración de volúmenes de la siguiente manera:



Las dos primeras filas “Lanes and Sharing” y “Traffic Volume” son iguales a la información ingresada en la plantilla “Lane Settings”. En la tercera fila “Conflicting Peds” se ingresó el número de peatones que cruzan sobre el acceso, en la hora, ya que presentan conflicto con respecto al movimiento de giro a la izquierda y a la derecha permitidos.

VOLUME SETTINGS			
	EBL	EBT	EBR
Lanes and Sharing (#RL)		↕↕	↗
Traffic Volume (vph)	364	840	212
Conflicting Peds. (#/hr)	21	—	35
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	—	0

Figura 94: Número de peatones por hora que cruzan el acceso Este.

Fuente: Programa Synchro V8.0

VOLUME SETTINGS			
	WBL	WBT	WBR
Lanes and Sharing (#RL)		↕↕	
Traffic Volume (vph)	52	480	48
Conflicting Peds. (#/hr)	18	—	10
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	—	0

Figura 95: Número de peatones por hora que cruzan el acceso Oeste.

Fuente: Programa Synchro V8.0

VOLUME SETTINGS			
	NBL	NBT	NBR
Lanes and Sharing (#RL)		↕	
Traffic Volume (vph)	100	492	116
Conflicting Peds. (#/hr)	24	—	12
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	—	0

Figura 96: Número de peatones por hora que cruzan el acceso Norte.

Fuente: Programa Synchro V8.0

VOLUME SETTINGS			
	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)		↕	
Traffic Volume (vph)	128	576	96
Conflicting Peds. (#/hr)	15	—	9
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	—	0

Figura 97: Número de peatones por hora que cruzan el acceso Sur.

Fuente: Programa Synchro V8.0

En la cuarta fila “Conflicting Bicycles” se ingresó la cantidad de bicicletas en la hora ya que presentan conflicto con los giros a la derecha. Las bicicletas conflictivas no necesitan ser ingresadas para los giros a la izquierda. Ya que se excluyen en el tiempo de eliminación de cola de vehículos.

VOLUME SETTINGS			
	EBL	EBT	EBR
Lanes and Sharing (#RL)		↕	↗
Traffic Volume (vph)	364	840	212
Conflicting Peds. (#/hr)	21	—	35
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	—	0
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92

Figura 98: Cantidad de bicicletas en la hora que presentan conflicto con los giros a la derecha en el acceso Este.

Fuente: Programa Synchro V8.0

VOLUME SETTINGS			
	WBL	WBT	WBR
Lanes and Sharing (#RL)			
Traffic Volume (vph)	52	480	48
Conflicting Peds. (#/hr)	18	—	10
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	—	0
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92

Figura 99: Cantidad de bicicletas en la hora que presentan conflicto con los giros a la derecha en el acceso Oeste.

Fuente: Programa Synchro V8.0

VOLUME SETTINGS			
	NBL	NBT	NBR
Lanes and Sharing (#RL)			
Traffic Volume (vph)	100	492	116
Conflicting Peds. (#/hr)	24	—	12
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	—	0
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92

Figura 100: Cantidad de bicicletas en la hora que presentan conflicto con los giros a la derecha en el acceso Norte.

Fuente: Programa Synchro V8.0

VOLUME SETTINGS			
	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)			
Traffic Volume (vph)	128	576	96
Conflicting Peds. (#/hr)	15	—	9
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	—	0
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92

Figura 101: Cantidad de bicicletas en la hora que presentan conflicto con los giros a la derecha en el acceso Sur.

Fuente: Programa Synchro V8.0

En la quinta fila “Peak Hour Factor” es el factor de hora pico para encontrar el flujo de tráfico en el intervalo de tiempo de 15 minutos más cargados en la hora pico.

Cuando este valor es cercano a 1 significa que la distribución de volúmenes de tránsito durante la hora pico es relativamente uniforme, mientras que, si es menor el valor, quiere decir que existen grandes variaciones de volúmenes.

Analizando la intersección con los 15 minutos más cargados y que se encuentra en capacidad durante la hora punta, se usó un PHF de 1.0.

VOLUME SETTINGS	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)		↕↕	↗		↕↕			↕↕			↕↕	
Traffic Volume (vph)	364	840	212	52	480	48	100	492	116	128	576	96
Conflicting Peds. (#/hr)	21	—	35	18	—	10	24	—	12	15	—	9
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0
Peak Hour Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Growth Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Figura 102: Factor de hora pico recomendado por el HCM 2010.

Fuente: Programa Synchro V8.0

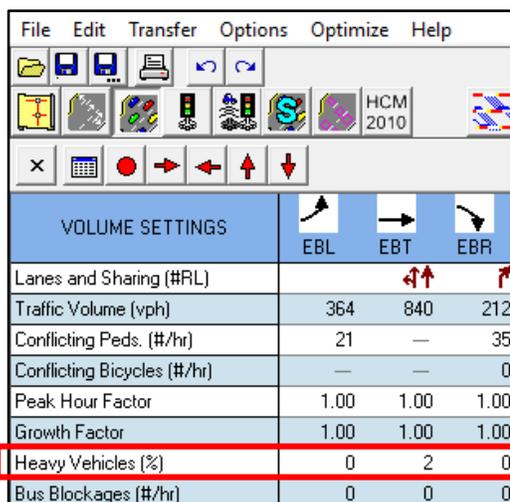
En la sexta fila “Growth Factor” es el factor de crecimiento, se usa para adaptar los volúmenes de tráfico usando un rango de 0.5 a 3.0. Para nuestro caso es 1 ya que si se usara un valor mayor se estaría haciendo referencia a una amplificación del tráfico como para años futuros, y lo que se quiso es hacer un análisis actual del flujo vehicular en la intersección.

VOLUME SETTINGS	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)		↕↕	↗		↕↕			↕↕			↕↕	
Traffic Volume (vph)	364	840	212	52	480	48	100	492	116	128	576	96
Conflicting Peds. (#/hr)	21	—	35	18	—	10	24	—	12	15	—	9
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0
Peak Hour Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Growth Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Heavy Vehicles (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 103: Factor de crecimiento para el análisis actual de la intersección.

Fuente: Programa Synchro V8.0

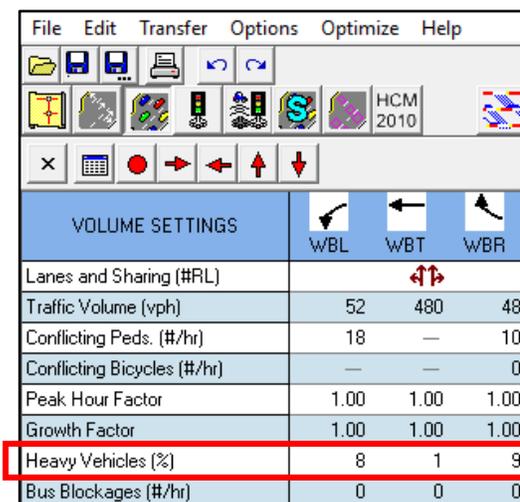
En la séptima fila “Heavy Vehicles” es la cantidad de vehículos pesados expresado en porcentaje, es decir, buses y camiones por cada movimiento de tráfico.



VOLUME SETTINGS			
	EBL	EBT	EBR
Lanes and Sharing (#RL)		↕↕	↕
Traffic Volume (vph)	364	840	212
Conflicting Peds. (#/hr)	21	—	35
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	—	0
Peak Hour Factor	1.00	1.00	1.00
Growth Factor	1.00	1.00	1.00
Heavy Vehicles (%)	0	2	0
Bus Blockages (#/hr)	0	0	0

Figura 104: Porcentaje de vehículos pesados por movimiento en el acceso Este.

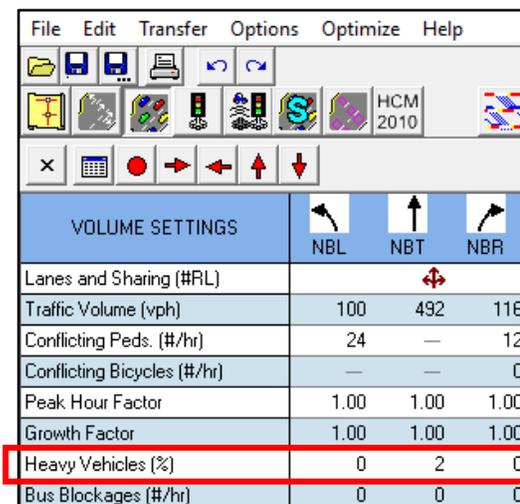
Fuente: Programa Synchro V8.0



VOLUME SETTINGS			
	WBL	WBT	WBR
Lanes and Sharing (#RL)		↕↕	
Traffic Volume (vph)	52	480	48
Conflicting Peds. (#/hr)	18	—	10
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	—	0
Peak Hour Factor	1.00	1.00	1.00
Growth Factor	1.00	1.00	1.00
Heavy Vehicles (%)	8	1	9
Bus Blockages (#/hr)	0	0	0

Figura 105: Porcentaje de vehículos pesados por movimiento en el acceso Oeste.

Fuente: Programa Synchro V8.0



VOLUME SETTINGS			
	NBL	NBT	NBR
Lanes and Sharing (#RL)		↕	
Traffic Volume (vph)	100	492	116
Conflicting Peds. (#/hr)	24	—	12
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	—	0
Peak Hour Factor	1.00	1.00	1.00
Growth Factor	1.00	1.00	1.00
Heavy Vehicles (%)	0	2	0
Bus Blockages (#/hr)	0	0	0

Figura 106: Porcentaje de vehículos pesados por movimiento en el acceso Norte.

Fuente: Programa Synchro V8.0

File Edit Transfer Options Optimize Help			
VOLUME SETTINGS	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)	↕↕		
Traffic Volume (vph)	128	576	96
Conflicting Peds. (#/hr)	15	—	9
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	—	0
Peak Hour Factor	1.00	1.00	1.00
Growth Factor	1.00	1.00	1.00
Heavy Vehicles (%)	4	1	9
Bus Blockages (#/hr)	0	0	0

Figura 107: Porcentaje de vehículos pesados por movimiento en el acceso Sur.

Fuente: Programa Synchro V8.0

En la octava fila “Bus Blockages” es la cantidad de autobuses por hora que se detienen para subir o dejar pasajeros y realmente bloquean el tráfico.

File Edit Transfer Options Optimize Help			
VOLUME SETTINGS	EBL	EBT	EBR
Lanes and Sharing (#RL)	↕↕↕		
Traffic Volume (vph)	364	840	212
Conflicting Peds. (#/hr)	21	—	35
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	—	0
Peak Hour Factor	1.00	1.00	1.00
Growth Factor	1.00	1.00	1.00
Heavy Vehicles (%)	0	2	0
Bus Blockages (#/hr)	6	24	22
Adj. Parking Lane?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figura 108: Número de autobuses que paran y bloquean el tráfico en el acceso Este.

Fuente: Programa Synchro V8.0

File Edit Transfer Options Optimize Help			
VOLUME SETTINGS	WBL	WBT	WBR
Lanes and Sharing (#RL)	↕↕		
Traffic Volume (vph)	52	480	48
Conflicting Peds. (#/hr)	18	—	10
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	—	0
Peak Hour Factor	1.00	1.00	1.00
Growth Factor	1.00	1.00	1.00
Heavy Vehicles (%)	8	1	9
Bus Blockages (#/hr)	0	10	0
Adj. Parking Lane?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figura 109: Número de autobuses que paran y bloquean el tráfico en el acceso Oeste.

Fuente: Programa Synchro V8.0

File Edit Transfer Options Optimize Help				
[Icons]				
[Icons]				
[Icons]				
VOLUME SETTINGS		NBL	NBT	NBR
Lanes and Sharing (#RL)		↕		
Traffic Volume (vph)	100	492	116	
Conflicting Peds. (#/hr)	24	—	12	
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	—	0	
Peak Hour Factor	1.00	1.00	1.00	
Growth Factor	1.00	1.00	1.00	
Heavy Vehicles (%)	0	2	0	
Bus Blockages (#/hr)	0	12	0	
Adj. Parking Lane?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Figura 110: Número de autobuses que paran y bloquean el tráfico en el acceso Norte.

Fuente: Programa Synchro V8.0

File Edit Transfer Options Optimize Help				
[Icons]				
[Icons]				
[Icons]				
VOLUME SETTINGS		SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)		↕		
Traffic Volume (vph)	128	576	96	
Conflicting Peds. (#/hr)	15	—	9	
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	—	0	
Peak Hour Factor	1.00	1.00	1.00	
Growth Factor	1.00	1.00	1.00	
Heavy Vehicles (%)	4	1	9	
Bus Blockages (#/hr)	0	0	10	
Adj. Parking Lane?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Figura 111: Número de autobuses que paran y bloquean el tráfico en el acceso Sur.

Fuente: Programa Synchro V8.0

La novena fila es por si hay estacionamiento o un carril adyacente en el acceso. La décima fila es la cantidad de maniobras en cada hora para estacionamiento.

Sólo se debe tomar en cuenta si el estacionamiento en el acceso realmente impide el flujo de tráfico, como en nuestro caso sólo se tiene dos estacionamientos en la Av. Bolognesi en el acceso Este y Oeste, que no impiden el tráfico, no ha sido considerado.

VOLUME SETTINGS	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)		↕↕	↗		↕↕			↕			↕↕	
Traffic Volume (vph)	364	840	212	52	480	48	100	492	116	128	576	96
Conflicting Peds. (#/hr)	21	—	35	18	—	10	24	—	12	15	—	9
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0
Peak Hour Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Growth Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Heavy Vehicles (%)	0	2	0	8	1	9	0	2	0	4	1	9
Bus Blockages (#/hr)	6	24	22	0	10	0	0	12	0	0	0	10
Adj. Parking Lane?	<input type="checkbox"/>											
Parking Maneuvers (#/hr)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Traffic from mid-block (%)	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—

Figura 112: Número de estacionamiento y maniobras de parqueo que afecten los carriles en cada acceso.

Fuente: Programa Synchro V8.0

Finalmente se tiene resultados de cálculos que hizo el programa Synchro 8.0 para el análisis del flujo de saturación.

En la treceava fila “The Adjusted Flow” que es el flujo adaptado, es decir, el flujo vehicular introducido variado por el Factor de crecimiento y el Factor de hora punta.

VOLUME SETTINGS	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)		↕↕	↗		↕↕			↕			↕↕	
Traffic Volume (vph)	364	840	212	52	480	48	100	492	116	128	576	96
Conflicting Peds. (#/hr)	21	—	35	18	—	10	24	—	12	15	—	9
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0
Peak Hour Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Growth Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Heavy Vehicles (%)	0	2	0	8	1	9	0	2	0	4	1	9
Bus Blockages (#/hr)	6	24	22	0	10	0	0	12	0	0	0	10
Adj. Parking Lane?	<input type="checkbox"/>											
Parking Maneuvers (#/hr)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Traffic from mid-block (%)	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—
Link OD Volumes	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Adjusted Flow (vph)	364	840	212	52	480	48	100	492	116	128	576	96
Traffic in shared lane (%)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Figura 113: Flujo vehicular ajustado por cada movimiento en su respectivo acceso.

Fuente: Programa Synchro V8.0

En la quinceava fila “Lane Group Flow” que combina los flujos ajustados y el tráfico en los valores de carril compartido en porcentaje para asignar volúmenes netos a cada grupo de carriles.

VOLUME SETTINGS	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)	↕↕ ↕			↕↕			↕↕			↕↕		
Traffic Volume (vph)	364	840	212	52	480	48	100	492	116	128	576	96
Conflicting Peds. (#/hr)	21	—	35	18	—	10	24	—	12	15	—	9
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0
Peak Hour Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Growth Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Heavy Vehicles (%)	0	2	0	8	1	9	0	2	0	4	1	9
Bus Blockages (#/hr)	6	24	22	0	10	0	0	12	0	0	0	10
Adj. Parking Lane?	<input type="checkbox"/>											
Parking Maneuvers (#/hr)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Traffic from mid-block (%)	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—
Link OD Volumes	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Adjusted Flow (vph)	364	840	212	52	480	48	100	492	116	128	576	96
Traffic in shared lane (%)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lane Group Flow (vph)	0	1204	212	0	580	0	0	708	0	0	800	0

Figura 114: Combinación de flujos ajustados y tráfico de carriles compartidos por cada acceso.
Fuente: Programa Synchro V8.0

Quedando así el cuadro de “Volume Settings” en el programa Synchro 8.0

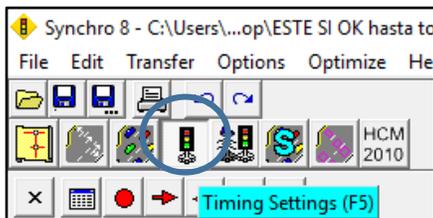
VOLUME SETTINGS	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)	↕↕ ↕			↕↕			↕↕			↕↕		
Traffic Volume (vph)	364	840	212	52	480	48	100	492	116	128	576	96
Conflicting Peds. (#/hr)	21	—	35	18	—	10	24	—	12	15	—	9
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0
Peak Hour Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Growth Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Heavy Vehicles (%)	0	2	0	8	1	9	0	2	0	4	1	9
Bus Blockages (#/hr)	6	24	22	0	10	0	0	12	0	0	0	10
Adj. Parking Lane?	<input type="checkbox"/>											
Parking Maneuvers (#/hr)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Traffic from mid-block (%)	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—
Link OD Volumes	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Adjusted Flow (vph)	364	840	212	52	480	48	100	492	116	128	576	96
Traffic in shared lane (%)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lane Group Flow (vph)	0	1204	212	0	580	0	0	708	0	0	800	0

Figura 115: Cuadro “Volume Settings” del programa Synchro 8.0

Fuente: Programa Synchro V8.0

Configuraciones de sincronización

En la cuarta plantilla “Timing Settings” se ingresó la información con respecto a la configuración de volúmenes de la siguiente manera:



Las dos primeras filas “Lanes and Sharing” y “Traffic Volume” son iguales a la información ingresada la plantilla “Lane Settings”. En la tercera fila “Turn Type” es el tipo de giro que establece el nivel de protección del giro, los cuales se aplican para el giro a la derecha y al giro a la izquierda de cada acceso. Los tipos de niveles de protección han sido explicados anteriormente en el capítulo II.

Se asignó los niveles de protección de los giros a la izquierda y para el giro a la derecha.

TIMING SETTINGS			
Lanes and Sharing (#RL)			
Traffic Volume (vph)	364	840	212
Turn Type	Split	—	pm+ovl
Protected Phases	6	6	2

Figura 116: Nivel de protección para el giro a la izquierda y giro a la derecha en el acceso Este.

Fuente: Programa Synchro V8.0

TIMING SETTINGS			
Lanes and Sharing (#RL)			
Traffic Volume (vph)	52	480	48
Turn Type	Split	—	—
Protected Phases	8	8	—

Figura 117: Nivel de protección para el giro a la izquierda y giro a la derecha en el acceso Oeste.

Fuente: Programa Synchro V8.0

TIMING SETTINGS			
Lanes and Sharing (#RL)			
Traffic Volume (vph)	100	492	116
Turn Type	Split	—	—
Protected Phases	2	2	—

Figura 118: Nivel de protección para el giro a la izquierda y giro a la derecha en el acceso Norte.

Fuente: Programa Synchro V8.0

TIMING SETTINGS	 SBL	 SBT	 SBR
Lanes and Sharing (#RL)			
Traffic Volume (vph)	128	576	96
Turn Type	Split	—	—
Protected Phases	4	4	—

Figura 119: Nivel de protección para el giro a la izquierda y giro a la derecha en el acceso Sur.

Fuente: Programa Synchro V8.0

En la cuarta y quinta fila “Protected Phases” y “Permitted Phases” lo que corresponda a fases permitidas y protegidas, en esta parte se asigna una o más fases para cada movimiento dentro de cada acceso.

La codificación actual la coloca el programa por defecto, es la estándar Nema que corresponde al National Electric Manufacturers Association que fue explicado anteriormente en la figura N°7.

Se asignó cuatro fases para la intersección siguiendo la codificación mencionada teniendo en cuenta que es la situación actual que tienen los semáforos que se encuentran en la intersección.

TIMING SETTINGS	 EBL	 EBT	 EBR
Lanes and Sharing (#RL)			
Traffic Volume (vph)	364	840	212
Turn Type	Split	—	pm+ov
Protected Phases	6	6	2
Permitted Phases			6
Detector Phases	6	6	2

Figura 120: Asignación de codificación de fases de los semáforos en el acceso Este.

Fuente: Programa Synchro V8.0

TIMING SETTINGS	 WBL	 WBT	 WBR
Lanes and Sharing (#RL)			
Traffic Volume (vph)	52	480	48
Turn Type	Split	—	—
Protected Phases	8	8	—
Permitted Phases			—
Detector Phases	8	8	—

Figura 121: Asignación de codificación de fases de los semáforos en el acceso Oeste.

Fuente: Programa Synchro V8.0

TIMING SETTINGS	NBL	NBT	NBR
Lanes and Sharing (#RL)		↕	
Traffic Volume (vph)	100	492	116
Turn Type	Split	—	—
Protected Phases	2	2	—
Permitted Phases			—
Detector Phases	2	2	—

Figura 122: Asignación de codificación de fases de los semáforos en el acceso Norte.

Fuente: Programa Synchro V8.0

TIMING SETTINGS	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)		↕	
Traffic Volume (vph)	128	576	96
Turn Type	Split	—	—
Protected Phases	4	4	—
Permitted Phases			—
Detector Phases	4	4	—

Figura 123: Asignación de codificación de fases de los semáforos en el acceso Sur.

Fuente: Programa Synchro V8.0

En la sexta fila existe la posibilidad de ingresar al programa información respecto a semáforos actuados por el tráfico es decir aquellos que emplean detectores.

En nuestro caso sólo tuvimos semáforos de tiempo fijo en la intersección es por eso que no se tomó en cuenta las filas correspondientes a detectores.

Detector Phases	6	6	2	8	8	—	2	2	—	4	4	—
Switch Phase	0	0	0	0	0	—	0	0	—	0	0	—
Leading Detector (m)	—	0.0	0.0	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—
Trailing Detector (m)	—	0.0	0.0	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—

Figura 124: Semáforos actuados por el tráfico en la intersección.

Fuente: Programa Synchro V8.0

En la décima fila “Minimum Initial” que es el tiempo verde inicial mínimo en segundos, hace referencia al tiempo verde más corto que se garantiza si se realiza un servicio en

una fase. Se estimó este valor ya que no es muy relevante, pero si mínimamente debe ser 1.

TIMING SETTINGS	 EBL	 EBT	 EBR
Lanes and Sharing (#RL)			
Traffic Volume (vph)	364	840	212
Turn Type	Split	—	pm+ov
Protected Phases	6	6	2
Permitted Phases			6
Detector Phases	6	6	2
Switch Phase	0	0	0
Leading Detector (m)	—	0.0	0.0
Trailing Detector (m)	—	0.0	0.0
Minimum Initial (s)	4.0	4.0	4.0
Minimum Split (s)	20.0	20.0	20.0

Figura 125: Tiempo verde inicial mínimo en el semáforo del acceso Este.

Fuente: Programa Synchro V8.0

TIMING SETTINGS	 WBL	 WBT	 WBR
Lanes and Sharing (#RL)			
Traffic Volume (vph)	52	480	48
Turn Type	Split	—	—
Protected Phases	8	8	—
Permitted Phases			—
Detector Phases	8	8	—
Switch Phase	0	0	—
Leading Detector (m)	—	0.0	—
Trailing Detector (m)	—	0.0	—
Minimum Initial (s)	4.0	4.0	—
Minimum Split (s)	20.0	20.0	—

Figura 126: Tiempo verde inicial mínimo en el semáforo del acceso Oeste.

Fuente: Programa Synchro V8.0

TIMING SETTINGS	 NBL	 NBT	 NBR
Lanes and Sharing (#RL)			
Traffic Volume (vph)	100	492	116
Turn Type	Split	—	—
Protected Phases	2	2	—
Permitted Phases			—
Detector Phases	2	2	—
Switch Phase	0	0	—
Leading Detector (m)	—	0.0	—
Trailing Detector (m)	—	0.0	—
Minimum Initial (s)	4.0	4.0	—
Minimum Split (s)	20.0	20.0	—

Figura 127: Tiempo verde inicial mínimo en el semáforo del acceso Norte.

Fuente: Programa Synchro V8.0

TIMING SETTINGS	 SBL	 SBT	 SBR
Lanes and Sharing (#RL)			
Traffic Volume (vph)	128	576	96
Turn Type	Split	—	—
Protected Phases	4	4	—
Permitted Phases			—
Detector Phases	4	4	—
Switch Phase	0	0	—
Leading Detector (m)	—	0.0	—
Trailing Detector (m)	—	0.0	—
Minimum Initial (s)	4.0	4.0	—
Minimum Split (s)	20.0	20.0	—

Figura 128: Tiempo verde inicial mínimo en el semáforo del acceso Sur.

Fuente: Programa Synchro V8.0

En la onceava fila “Minimum Split” es el tiempo más corto consentido para cada fase, debe tener el suficiente largo de tiempo para cumplir con el intervalo mínimo inicial, todo el tiempo rojo más el amarillo.

TIMING SETTINGS	 EBL	 EBT	 EBR
Lanes and Sharing (#RL)			
Traffic Volume (vph)	364	840	212
Turn Type	Split	—	pm+ov
Protected Phases	6	6	2
Permitted Phases			6
Detector Phases	6	6	2
Switch Phase	0	0	0
Leading Detector (m)	—	0.0	0.0
Trailing Detector (m)	—	0.0	0.0
Minimum Initial (s)	4.0	4.0	4.0
Minimum Split (s)	19.0	19.0	19.0
Total Split (s)	20.0	20.0	20.0

Figura 129: Tiempo más corto permitido para una fase en el acceso Este.

Fuente: Programa Synchro V8.0

TIMING SETTINGS	 WBL	 WBT	 WBR
Lanes and Sharing (#RL)			
Traffic Volume (vph)	52	480	48
Turn Type	Split	—	—
Protected Phases	8	8	—
Permitted Phases			—
Detector Phases	8	8	—
Switch Phase	0	0	—
Leading Detector (m)	—	0.0	—
Trailing Detector (m)	—	0.0	—
Minimum Initial (s)	4.0	4.0	—
Minimum Split (s)	19.0	19.0	—
Total Split (s)	20.0	20.0	—

Figura 130: Tiempo más corto permitido para una fase en el acceso Oeste.

Fuente: Programa Synchro V8.0

TIMING SETTINGS			
Lanes and Sharing (#RL)			
Traffic Volume (vph)	100	492	116
Turn Type	Split	—	—
Protected Phases	2	2	—
Permitted Phases			—
Detector Phases	2	2	—
Switch Phase	0	0	—
Leading Detector (m)	—	0.0	—
Trailing Detector (m)	—	0.0	—
Minimum Initial (s)	4.0	4.0	—
Minimum Split (s)	19.0	19.0	—
Total Split (s)	20.0	20.0	—

Figura 131: Tiempo más corto permitido para una fase en el acceso Norte.

Fuente: Programa Synchro V8.0

TIMING SETTINGS			
Lanes and Sharing (#RL)			
Traffic Volume (vph)	128	576	96
Turn Type	Split	—	—
Protected Phases	4	4	—
Permitted Phases			—
Detector Phases	4	4	—
Switch Phase	0	0	—
Leading Detector (m)	—	0.0	—
Trailing Detector (m)	—	0.0	—
Minimum Initial (s)	4.0	4.0	—
Minimum Split (s)	19.0	19.0	—
Total Split (s)	20.0	20.0	—

Figura 132: Tiempo más corto permitido para una fase en el acceso Sur.

Fuente: Programa Synchro V8.0

En la doceava fila “Total Split” es el tiempo total (en segundos) incluye los intervalos verde, amarillo y todo rojo asignados a una fase.

TIMING SETTINGS			
Lanes and Sharing (#RL)			
Traffic Volume (vph)	364	840	212
Turn Type	Split	—	pm+ov
Protected Phases	6	6	2
Permitted Phases			6
Detector Phases	6	6	2
Switch Phase	0	0	0
Leading Detector (m)	—	0.0	0.0
Trailing Detector (m)	—	0.0	0.0
Minimum Initial (s)	4.0	4.0	4.0
Minimum Split (s)	19.0	19.0	19.0
Total Split (s)	20.0	20.0	20.0
Yellow Time (s)	2.0	2.0	2.0

Figura 133: Tiempo total de duración de la fase en el acceso Este.

Fuente: Programa Synchro V8.0

TIMING SETTINGS	 WBL	 WBT	 WBR
Lanes and Sharing (#RL)			
Traffic Volume (vph)	52	480	480
Turn Type	Split	—	—
Protected Phases	8	8	—
Permitted Phases	—		
Detector Phases	8	8	—
Switch Phase	0	0	—
Leading Detector (m)	—	0.0	—
Trailing Detector (m)	—	0.0	—
Minimum Initial (s)	4.0	4.0	—
Minimum Split (s)	19.0	19.0	—
Total Split (s)	20.0	20.0	—
Yellow Time (s)	2.0	2.0	—

Figura 134: Tiempo total de duración de la fase en el acceso Oeste.

Fuente: Programa Synchro V8.0

TIMING SETTINGS	 NBL	 NBT	 NBR
Lanes and Sharing (#RL)			
Traffic Volume (vph)	100	492	116
Turn Type	Split	—	—
Protected Phases	2	2	—
Permitted Phases	—		
Detector Phases	2	2	—
Switch Phase	0	0	—
Leading Detector (m)	—	0.0	—
Trailing Detector (m)	—	0.0	—
Minimum Initial (s)	4.0	4.0	—
Minimum Split (s)	19.0	19.0	—
Total Split (s)	20.0	20.0	—
Yellow Time (s)	2.0	2.0	—

Figura 135: Tiempo total de duración de la fase en el acceso Norte.

Fuente: Programa Synchro V8.0

TIMING SETTINGS	 SBL	 SBT	 SBR
Lanes and Sharing (#RL)			
Traffic Volume (vph)	128	576	96
Turn Type	Split	—	—
Protected Phases	4	4	—
Permitted Phases	—		
Detector Phases	4	4	—
Switch Phase	0	0	—
Leading Detector (m)	—	0.0	—
Trailing Detector (m)	—	0.0	—
Minimum Initial (s)	4.0	4.0	—
Minimum Split (s)	19.0	19.0	—
Total Split (s)	20.0	20.0	—
Yellow Time (s)	2.0	2.0	—

Figura 136: Tiempo total de duración de la fase en el acceso Sur.

Fuente: Programa Synchro V8.0

En la treceava fila “Yellow Time” es el tiempo en amarillo que es el tiempo para el intervalo en ámbar en el acceso. Dicho número debe estar en el rango de 3 a 5 segundos, tomando en cuenta el ancho de la calle transversal, la velocidad de aproximación, y los estándares locales.

En nuestro caso este tiempo fue medido en campo como se mostró anteriormente en el capítulo V figura N°55.

TIMING SETTINGS				TIMING SETTINGS			
Lanes and Sharing (#RL)				Lanes and Sharing (#RL)			
Traffic Volume (vph)	364	840	212	Traffic Volume (vph)	52	480	48
Turn Type	Split	—	pm+ov	Turn Type	Split	—	—
Protected Phases	6	6	2	Protected Phases	8	8	—
Permitted Phases			6	Permitted Phases			—
Detector Phases	6	6	2	Detector Phases	8	8	—
Switch Phase	0	0	0	Switch Phase	0	0	—
Leading Detector (m)	—	0.0	0.0	Leading Detector (m)	—	0.0	—
Trailing Detector (m)	—	0.0	0.0	Trailing Detector (m)	—	0.0	—
Minimum Initial (s)	4.0	4.0	4.0	Minimum Initial (s)	4.0	4.0	—
Minimum Split (s)	19.0	19.0	19.0	Minimum Split (s)	19.0	19.0	—
Total Split (s)	20.0	20.0	20.0	Total Split (s)	20.0	20.0	—
Yellow Time (s)	3.0	3.0	3.0	Yellow Time (s)	3.0	3.0	—
All-Red Time (s)	0.0	0.0	0.0	All-Red Time (s)	0.0	0.0	—

TIMING SETTINGS				TIMING SETTINGS			
Lanes and Sharing (#RL)				Lanes and Sharing (#RL)			
Traffic Volume (vph)	100	492	116	Traffic Volume (vph)	128	576	96
Turn Type	Split	—	—	Turn Type	Split	—	—
Protected Phases	2	2	—	Protected Phases	4	4	—
Permitted Phases			—	Permitted Phases			—
Detector Phases	2	2	—	Detector Phases	4	4	—
Switch Phase	0	0	—	Switch Phase	0	0	—
Leading Detector (m)	—	0.0	—	Leading Detector (m)	—	0.0	—
Trailing Detector (m)	—	0.0	—	Trailing Detector (m)	—	0.0	—
Minimum Initial (s)	4.0	4.0	—	Minimum Initial (s)	4.0	4.0	—
Minimum Split (s)	19.0	19.0	—	Minimum Split (s)	19.0	19.0	—
Total Split (s)	20.0	20.0	—	Total Split (s)	20.0	20.0	—
Yellow Time (s)	3.0	3.0	—	Yellow Time (s)	3.0	3.0	—
All-Red Time (s)	0.0	0.0	—	All-Red Time (s)	0.0	0.0	—

Figura 137: Tiempo en amarillo del semáforo por cada acceso.

Fuente: Programa Synchro V8.0

En la catorceava fila “All-Red time” es el tiempo que se da a todo el intervalo rojo después del ámbar. El tiempo rojo total tiene que ser suficiente para que pueda permitir que se evacue todo el tráfico de la intersección antes de que se dé el tiempo verde alguna otra fase.

En nuestro caso no se tuvo un tiempo donde todos los semáforos se ponen a la vez en rojo así que no le hemos considerado un tiempo de rojo a los accesos de la intersección.

TIMING SETTINGS			
Lanes and Sharing (#RL)		↕↕	↗
Traffic Volume (vph)	364	840	212
Turn Type	Split	—	pm+ov
Protected Phases	6	6	2
Permitted Phases			6
Detector Phases	6	6	2
Switch Phase	0	0	0
Leading Detector (m)	—	0.0	0.0
Trailing Detector (m)	—	0.0	0.0
Minimum Initial (s)	4.0	4.0	4.0
Minimum Split (s)	19.0	19.0	19.0
Total Split (s)	20.0	20.0	20.0
Yellow Time (s)	3.0	3.0	3.0
All-Red Time (s)	0.0	0.0	0.0
Lost Time Adjust (s)	—	0.0	0.0

TIMING SETTINGS			
Lanes and Sharing (#RL)		↕↕	
Traffic Volume (vph)	52	480	48
Turn Type	Split	—	—
Protected Phases	8	8	—
Permitted Phases			—
Detector Phases	8	8	—
Switch Phase	0	0	—
Leading Detector (m)	—	0.0	—
Trailing Detector (m)	—	0.0	—
Minimum Initial (s)	4.0	4.0	—
Minimum Split (s)	19.0	19.0	—
Total Split (s)	20.0	20.0	—
Yellow Time (s)	3.0	3.0	—
All-Red Time (s)	0.0	0.0	—
Lost Time Adjust (s)	—	0.0	0.0

TIMING SETTINGS			
Lanes and Sharing (#RL)		↕↕	
Traffic Volume (vph)	100	492	116
Turn Type	Split	—	—
Protected Phases	2	2	—
Permitted Phases			—
Detector Phases	2	2	—
Switch Phase	0	0	—
Leading Detector (m)	—	0.0	—
Trailing Detector (m)	—	0.0	—
Minimum Initial (s)	4.0	4.0	—
Minimum Split (s)	19.0	19.0	—
Total Split (s)	20.0	20.0	—
Yellow Time (s)	3.0	3.0	—
All-Red Time (s)	0.0	0.0	—
Lost Time Adjust (s)	—	0.0	0.0

TIMING SETTINGS			
Lanes and Sharing (#RL)		↕↕	
Traffic Volume (vph)	128	576	96
Turn Type	Split	—	—
Protected Phases	4	4	—
Permitted Phases			—
Detector Phases	4	4	—
Switch Phase	0	0	—
Leading Detector (m)	—	0.0	—
Trailing Detector (m)	—	0.0	—
Minimum Initial (s)	4.0	4.0	—
Minimum Split (s)	19.0	19.0	—
Total Split (s)	20.0	20.0	—
Yellow Time (s)	3.0	3.0	—
All-Red Time (s)	0.0	0.0	—
Lost Time Adjust (s)	—	0.0	0.0

Figura 138: Tiempo de todo rojo de los semáforos de la intersección.

Fuente: Programa Synchro V8.0

En la dieciochoava fila “Recall mode” que es el modo de llamada, donde cada fase puede ser llamada a partir de diferentes criterios los cuales ya fueron explicados anteriormente en el capítulo II.

En nuestro caso fue “Máx.” ya que se cumple que siempre se tiene el tiempo de verde máximo y no puede ser omitida la fase.

TIMING SETTINGS			
Lanes and Sharing (#RL)			
Traffic Volume (vph)	364	840	212
Turn Type	Split	—	pm+ov
Protected Phases	6	6	2
Permitted Phases			6
Detector Phases	6	6	2
Switch Phase	0	0	0
Leading Detector (m)	—	0.0	0.0
Trailing Detector (m)	—	0.0	0.0
Minimum Initial (s)	4.0	4.0	4.0
Minimum Split (s)	19.0	19.0	19.0
Total Split (s)	20.0	20.0	20.0
Yellow Time (s)	3.0	3.0	3.0
All-Red Time (s)	0.0	0.0	0.0
Lost Time Adjust (s)	—	0.0	0.0
Lagging Phase?	—	—	—
Allow Lead/Lag Optimize?	—	—	—
Recall Mode	Max	Max	Max
Actuated Effct. Green (s)	—	17.0	34.0

TIMING SETTINGS			
Lanes and Sharing (#RL)			
Traffic Volume (vph)	52	480	48
Turn Type	Split	—	—
Protected Phases	8	8	—
Permitted Phases			—
Detector Phases	8	8	—
Switch Phase	0	0	—
Leading Detector (m)	—	0.0	—
Trailing Detector (m)	—	0.0	—
Minimum Initial (s)	4.0	4.0	—
Minimum Split (s)	19.0	19.0	—
Total Split (s)	20.0	20.0	—
Yellow Time (s)	3.0	3.0	—
All-Red Time (s)	0.0	0.0	—
Lost Time Adjust (s)	—	0.0	0.0
Lagging Phase?	—	—	—
Allow Lead/Lag Optimize?	—	—	—
Recall Mode	Max	Max	—
Actuated Effct. Green (s)	—	17.0	—

TIMING SETTINGS			
Lanes and Sharing (#RL)			
Traffic Volume (vph)	100	492	116
Turn Type	Split	—	—
Protected Phases	2	2	—
Permitted Phases			—
Detector Phases	2	2	—
Switch Phase	0	0	—
Leading Detector (m)	—	0.0	—
Trailing Detector (m)	—	0.0	—
Minimum Initial (s)	4.0	4.0	—
Minimum Split (s)	19.0	19.0	—
Total Split (s)	20.0	20.0	—
Yellow Time (s)	3.0	3.0	—
All-Red Time (s)	0.0	0.0	—
Lost Time Adjust (s)	—	0.0	0.0
Lagging Phase?	—	—	—
Allow Lead/Lag Optimize?	—	—	—
Recall Mode	Max	Max	—
Actuated Effct. Green (s)	—	17.0	—

TIMING SETTINGS			
Lanes and Sharing (#RL)			
Traffic Volume (vph)	128	576	96
Turn Type	Split	—	—
Protected Phases	4	4	—
Permitted Phases			—
Detector Phases	4	4	—
Switch Phase	0	0	—
Leading Detector (m)	—	0.0	—
Trailing Detector (m)	—	0.0	—
Minimum Initial (s)	4.0	4.0	—
Minimum Split (s)	19.0	19.0	—
Total Split (s)	20.0	20.0	—
Yellow Time (s)	3.0	3.0	—
All-Red Time (s)	0.0	0.0	—
Lost Time Adjust (s)	—	0.0	0.0
Lagging Phase?	—	—	—
Allow Lead/Lag Optimize?	—	—	—
Recall Mode	Max	Max	—
Actuated Effct. Green (s)	—	17.0	—

Figura 139: Modo de llamada a cada fase de los semáforos de la intersección.

Fuente: Programa Synchro V8.0

Luego se muestran resultados que obtiene el programa en base a la información ingresada.

Estos cálculos han sido comprobados en base a la teoría y metodología del Manual HCM 2010 explicados en el capítulo II.

Volume to Capacity Ratio	—	1.76	0.33	—	0.85	—	—	1.69	—	—	1.08	—
Control Delay (s)	—	374.1	7.9	—	43.3	—	—	344.0	—	—	88.3	—
Queue Delay (s)	—	0.0	0.0	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—
Total Delay (s)	—	374.1	7.9	—	43.3	—	—	344.0	—	—	88.3	—
Level of Service	—	F	A	—	D	—	—	F	—	—	F	—

Figura 140: Resultados de la configuración de Timing Settings en el programa Synchro 8.0 en base a la manual HCM 2010.

Fuente: Programa Synchro V8.0

Quedando así el cuadro de “Timing Settings” en el programa Synchro 8.0

TIMING SETTINGS												
Lanes and Sharing (#RL)												
Traffic Volume (vph)	364	840	212	52	480	48	100	492	116	128	576	96
Turn Type	Split	—	pm+ov	Split	—	—	Split	—	—	Split	—	—
Protected Phases	6	6	2	8	8	—	2	2	—	4	4	—
Permitted Phases			6			—			—			—
Detector Phases	6	6	2	8	8	—	2	2	—	4	4	—
Switch Phase	0	0	0	0	0	—	0	0	—	0	0	—
Leading Detector (m)	—	0.0	0.0	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—
Trailing Detector (m)	—	0.0	0.0	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—
Minimum Initial (s)	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	—	4.0	4.0	—	4.0	4.0	—
Minimum Split (s)	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	—	19.0	19.0	—	19.0	19.0	—
Total Split (s)	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	—	20.0	20.0	—	20.0	20.0	—
Yellow Time (s)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	—	3.0	3.0	—	3.0	3.0	—
All-Red Time (s)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—
Lost Time Adjust (s)	—	0.0	0.0	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—
Lagging Phase?	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Allow Lead/Lag Optimize?	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Recall Mode	Max	Max	Max	Max	Max	—	Max	Max	—	Max	Max	—
Actuated Effct. Green (s)	—	17.0	34.0	—	17.0	—	—	17.0	—	—	17.0	—
Actuated g/C Ratio	—	0.21	0.42	—	0.21	—	—	0.21	—	—	0.21	—
Volume to Capacity Ratio	—	1.76	0.33	—	0.85	—	—	1.69	—	—	1.08	—
Control Delay (s)	—	374.1	7.9	—	43.3	—	—	344.0	—	—	88.3	—
Queue Delay (s)	—	0.0	0.0	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—
Total Delay (s)	—	374.1	7.9	—	43.3	—	—	344.0	—	—	88.3	—
Level of Service	—	F	A	—	D	—	—	F	—	—	F	—

Figura 141: Cuadro Timing Settings del programa Synchro 8.0

Fuente: Programa Synchro V8.0

Configuración de nodos

En la plantilla “Nodo Settings” se ingresó la información con respecto a la configuración de nodos de la siguiente manera:

En la primera fila “Node” el programa le asignó un número de nodo a la intersección.

NODE SETTINGS	
Node #	3

Figura 142: Número de nodo asignado por el programa Synchro 8.0.

Fuente: Programa Synchro V8.0

En la segunda fila “Zone” corresponde a la zona en la que se encuentra la intersección.

NODE SETTINGS	
Node #	3
Zone:	TACNA

Figura 143: Zona en la que se encuentra la intersección.

Fuente: Programa Synchro V8.0

En la tercera fila “X East”, cuarta fila “Y North” y quinta fila “Z Elevation” es para las coordenadas x, y, y z de la ubicación de la intersección.

NODE SETTINGS	
Node #	3
Zone:	TACNA
X East (m):	368468.0
Y North (m):	8008240.0
Z Elevation (m):	600.0
Description	

Figura 144: Coordenadas de la ubicación de la intersección.

Fuente: Programa Synchro V8.0

En la séptima fila “Control Type” es para el tipo de control de la intersección los cuales ya fueron explicados anteriormente en el capítulo II.

En nuestro caso la intersección tuvo un control preprogramado es decir con semáforos programados.

NODE SETTINGS	
Node #	3
Zone:	TACNA
X East (m):	368468.0
Y North (m):	8008240.0
Z Elevation (m):	600.0
Description	
Control Type	Pretimed
Cycle Length (s):	80.0

Figura 145: Tipo de control de los semáforos en la intersección.

Fuente: Programa Synchro V8.0

En la octava fila "Cycle Length" es la duración en segundos de todo el ciclo semafórico. El cuál es la suma de todos los tiempos de las fases en la intersección. En nuestro caso se tomó un promedio del tiempo registrado en campo para simular la situación actual de la intersección.

NODE SETTINGS	
Node #	3
Zone:	TACNA
X East (m):	368468.0
Y North (m):	8008240.0
Z Elevation (m):	600.0
Description	
Control Type	Pretimed
Cycle Length (s):	80.0
Lock Timings:	<input type="checkbox"/>

Figura 146: Longitud del ciclo semafórico en la intersección.

Fuente: Programa Synchro V8.0

Finalmente se muestra los resultados finales de los cálculos que hizo el programa en base a toda la información que se le ingresa en todas las plantillas.

Estos cálculos han sido comprobados en base a la teoría y metodología del Manual HCM 2010 explicados en el capítulo II. Estos resultados finales fueron analizados posteriormente para su correcta comprensión e interpretación de resultados.

Siendo los más importante los siguientes resultados señalados en la figura N°147.

Actuated Cycle(s):	80.0
Natural Cycle(s):	150.0
Max v/c Ratio:	1.76
Intersection Delay (s):	225.9
Intersection LOS:	F
ICU:	1.25
ICU LOS:	H



Figura 147: Resultados de la configuración de “Node Settings” en el programa Synchro 8.0 en base al manual HCM 2010.

Fuente: Programa Synchro V8.0

Quedando así el cuadro de “Node Settings” en el programa Synchro 8.0

NODE SETTINGS	
Node #	3
Zone:	TACNA
X East (m):	369476.2
Y North (m):	8007538.7
Z Elevation (m):	0.0
Description	
Control Type	Pretimed
Cycle Length (s):	80.0
Lock Timings:	<input type="checkbox"/>
Optimize Cycle Length:	Optimize
Optimize Splits:	Optimize
Actuated Cycle(s):	80.0
Natural Cycle(s):	150.0
Max v/c Ratio:	1.76
Intersection Delay (s):	225.9
Intersection LOS:	F
ICU:	1.25
ICU LOS:	H

Figura 148: Cuadro “Node Settings” del programa Synchro 8.0

Fuente: Programa Synchro V8.0

Volúmenes vehiculares por acceso

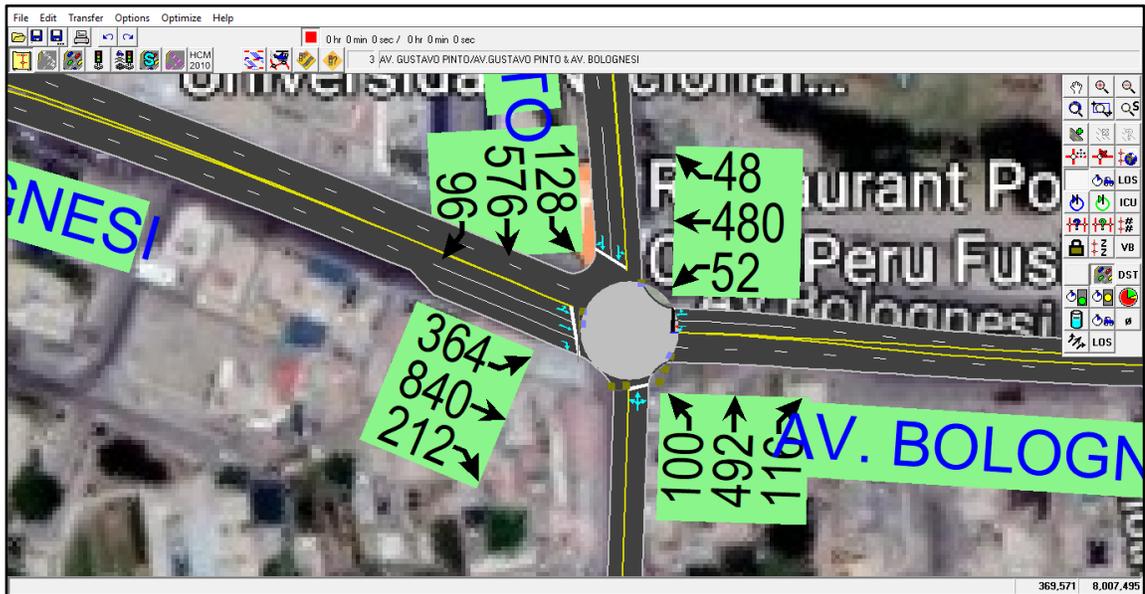


Figura 149: Volúmenes vehiculares por acceso en la intersección.

Fuente: Programa Synchro V8.0

Carriles por acceso

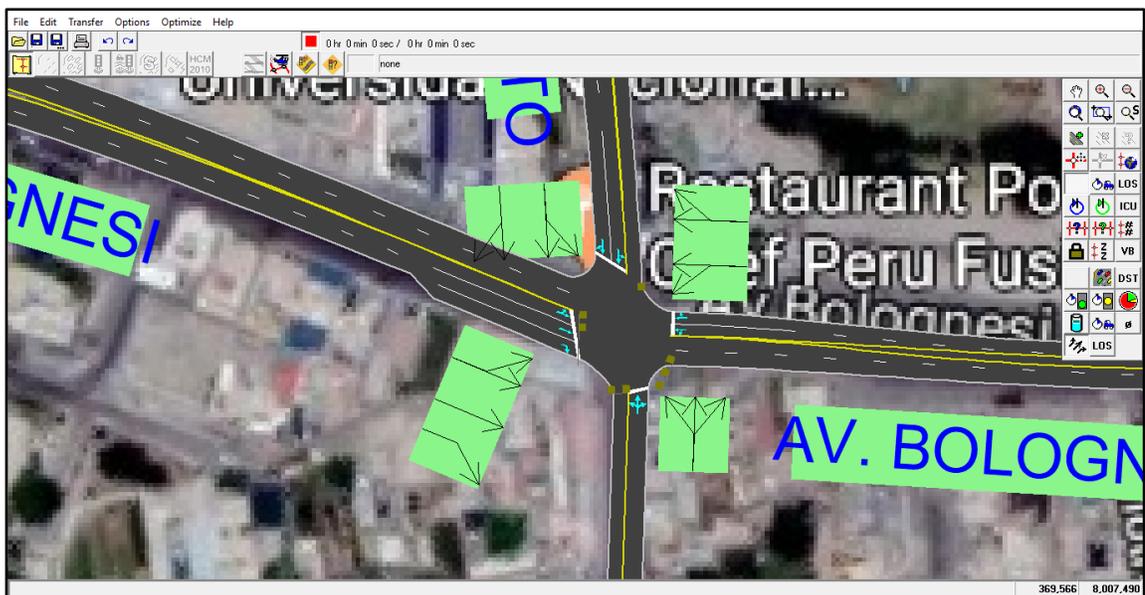


Figura 150: Carriles por acceso en la intersección.

Fuente: Programa Synchro V8.0

LOS: Niveles de servicio por acceso



Figura 151: Niveles de servicio por acceso en la intersección.

Fuente: Programa Synchro V8.0

LOS: Nivel de servicio

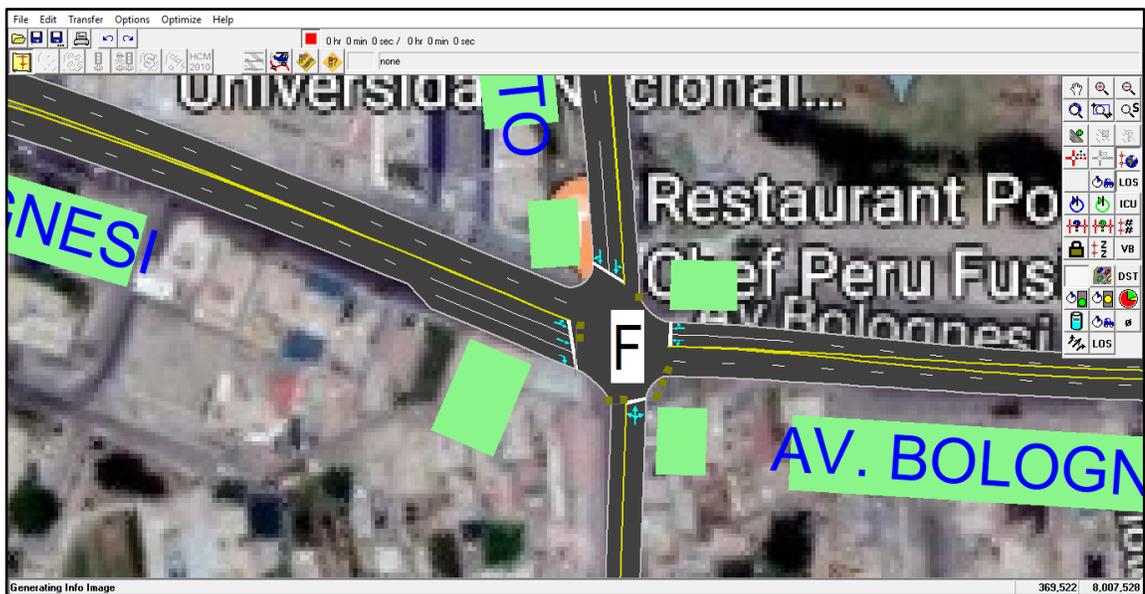


Figura 152: Nivel de servicio en la intersección.

Fuente: Programa Synchro V8.0

Fases de los semáforos

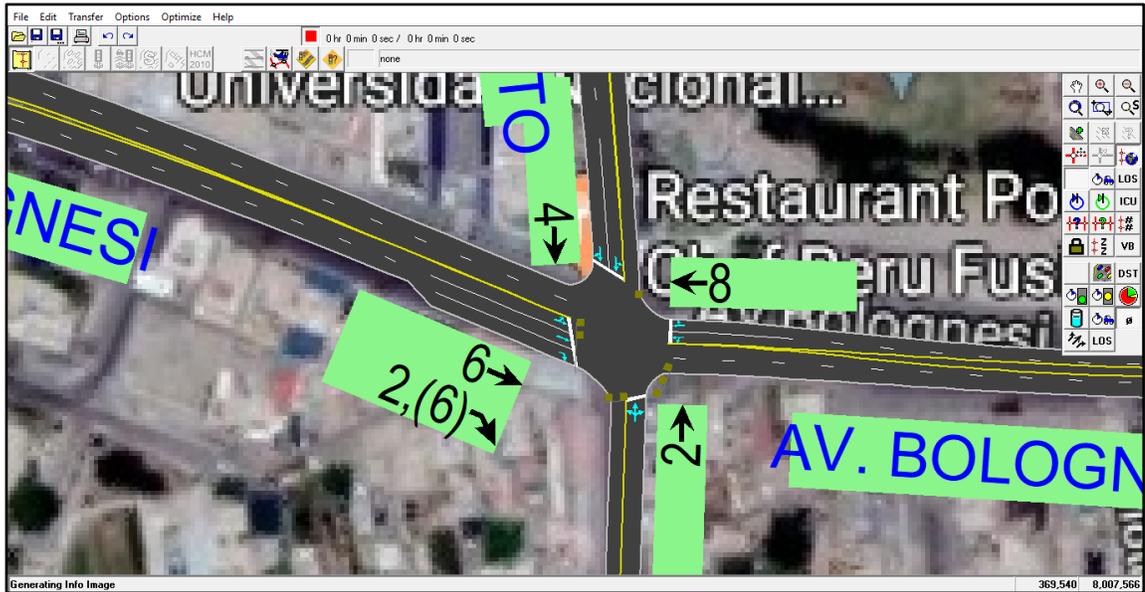


Figura 153: Fases de los semáforos en la intersección.

Fuente: Programa Synchro V8.0

Simulación del tráfico actual en 2D



Figura 154: Simulación del tráfico actual en 2D.

Fuente: Programa Synchro V8.0

Simulación del tráfico actual en 3D



Figura 155: Simulación del tráfico actual en 3D

Fuente: Programa Synchro V8.0

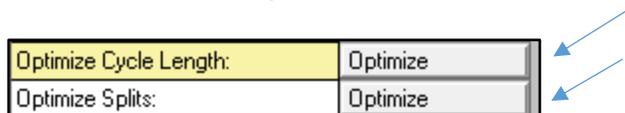
6.4. Simulación de Alternativas de Solución

Se buscó maneras de solucionar la situación actual del nivel de servicio de la intersección.

OPTIMIZACION DE TIEMPOS DE SEMAFOROS

El programa tiene una opción para optimizar el ciclo del semáforo en función de los tiempos mínimos y tiempos totales por fases.

También le da más tiempo de verde a los accesos que son más críticos según las demoras que se tenga. Como se detalló anteriormente en el Capítulo II.



Optimizando los tiempos del semáforo quedaría así el cuadro de “Timings Settings” como se muestra a continuación:

TIMING SETTINGS	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)												
Traffic Volume (vph)	364	840	212	52	480	48	100	492	116	128	576	96
Turn Type	Split	—	pm+ov	Split	—	—	Split	—	—	Split	—	—
Protected Phases	6	6	2	8	8	—	2	2	—	4	4	—
Permitted Phases	6			—			—			—		
Detector Phases	6	6	2	8	8	—	2	2	—	4	4	—
Switch Phase	0	0	0	0	0	—	0	0	—	0	0	—
Leading Detector (m)	—	0.0	0.0	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—
Trailing Detector (m)	—	0.0	0.0	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—
Minimum Initial (s)	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	—	4.0	4.0	—	4.0	4.0	—
Minimum Split (s)	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	—	19.0	19.0	—	19.0	19.0	—
Total Split (s)	47.0	47.0	48.0	25.0	25.0	—	48.0	48.0	—	30.0	30.0	—
Yellow Time (s)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	—	3.0	3.0	—	3.0	3.0	—
All-Red Time (s)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—
Lost Time Adjust (s)	—	0.0	0.0	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—
Lagging Phase?	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Allow Lead/Lag Optimize?	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Recall Mode	Max	Max	Max	Max	Max	—	Max	Max	—	Max	Max	—
Actuated Effct. Green (s)	—	44.0	89.0	—	22.0	—	—	45.0	—	—	27.0	—
Actuated g/C Ratio	—	0.29	0.59	—	0.15	—	—	0.30	—	—	0.18	—
Volume to Capacity Ratio	—	1.28	0.26	—	1.24	—	—	1.21	—	—	1.28	—
Control Delay (s)	—	175.5	8.4	—	174.3	—	—	154.6	—	—	186.9	—
Queue Delay (s)	—	0.0	0.0	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—
Total Delay (s)	—	175.5	8.4	—	174.3	—	—	154.6	—	—	186.9	—
Level of Service	—	F	A	—	F	—	—	F	—	—	F	—

Figura 156: Cuadro de Timings Settings modificado con Optimización de tiempos de semáforos.

Fuente: Programa Synchro V8.0

Se muestra el nivel de servicio y los niveles de servicio por acceso de la intersección.



Figura 157: Niveles de servicio por acceso y nivel de servicio de la intersección con Optimización de tiempos de semáforos.

Fuente: Programa Synchro V8.0

Finalmente se muestra los resultados de los cálculos que hizo el programa en base a toda la información que se le modificó.

NODE SETTINGS	
Node #	3
Zone:	TACNA
X East (m):	368803.2
Y North (m):	8008006.6
Z Elevation (m):	0.0
Description	
Control Type	Pretimed
Cycle Length (s):	150.0
Lock Timings:	<input type="checkbox"/>
Optimize Cycle Length:	Optimize
Optimize Splits:	Optimize
Actuated Cycle(s):	150.0
Natural Cycle(s):	150.0
Max v/c Ratio:	1.28
Intersection Delay (s):	163.6
Intersection LOS:	F

Figura 158: Resultados obtenidos con Optimización de tiempos de semáforos.

Fuente: Programa Synchro V8.0

PASO A DESNIVEL

Se simuló un paso a desnivel en la Av. Bolognesi tanto en el acceso Este como en el acceso Oeste, por debajo de la alameda para poder disminuir el volumen vehicular en estos accesos, ya que es donde más tráfico se tuvo.

Todos los vehículos que van de frente pasan por el paso a desnivel por debajo de la alameda con libre paso sin semaforización, y por encima pasan sólo los vehículos que giran a la izquierda y a la derecha.

Se trasladan los paraderos de estos accesos antes de entrar al paso a desnivel, para que el transporte público que va de frente se pueda detener a dejar o subir pasajeros y así no pasen por las vías de encima, sino que vayan por el paso a desnivel.

Quedaría entonces en el acceso Este sólo dos carriles, uno para el giro a la izquierda y otro para el giro a la derecha cada uno de 4.80m. En el acceso Oeste serían dos carriles de igual forma uno para el giro a la izquierda y otro para el giro a la derecha.

LANE SETTINGS												
Lanes and Sharing (#RL)	↕			↕			↕			↕		
Traffic Volume (vph)	364	0	212	52	0	48	100	492	116	128	576	96
Street Name	AV. BOLOGNESI			AV. BOLOGNESI			AV. GUSTAVO PINTO			AV. GUSTAVO PINTO		
Link Distance (m)	—	329.5	—	—	179.1	—	—	266.1	—	—	222.6	—
Links Speed (km/h)	—	50	—	—	50	—	—	50	—	—	50	—
Set Arterial Name and Speed	—	EB	—	—	WB	—	—	NB	—	—	SB	—
Travel Time (s)	—	23.7	—	—	12.9	—	—	19.2	—	—	16.0	—
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	4.8	4.8	4.8	2.9	2.9	2.9	4.7	4.7	4.7	3.6	3.6	3.6
Grade (%)	—	3	—	—	-3	—	—	0	—	—	0	—
Area Type CBD	—	<input type="checkbox"/>	—	—	<input type="checkbox"/>	—	—	<input type="checkbox"/>	—	—	<input type="checkbox"/>	—
Storage Length (m)	0.0	—	27.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0
Storage Lanes (#)	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Right Turn Channelized	—	—	None	—	—	None	—	—	None	—	—	None
Curb Radius (m)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Add Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lane Utilization Factor	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	1.00	1.00	1.00	0.95	0.95	0.95
Right Turn Factor	—	0.945	—	—	0.928	—	—	0.978	—	—	0.982	—
Left Turn Factor (prot)	—	0.969	—	—	0.975	—	—	0.993	—	—	0.992	—
Saturated Flow Rate (prot)	—	3376	—	—	2703	—	—	1935	—	—	3423	—
Left Turn Factor (perm)	—	0.969	—	—	0.975	—	—	0.993	—	—	0.992	—
Right Ped Bike Factor	—	0.961	—	—	0.979	—	—	0.995	—	—	0.997	—
Left Ped Factor	—	0.971	—	—	0.989	—	—	0.998	—	—	0.999	—
Saturated Flow Rate (perm)	—	3279	—	—	2675	—	—	1932	—	—	3418	—
Right Turn on Red?	—	—	<input checked="" type="checkbox"/>	—	—	<input checked="" type="checkbox"/>	—	—	<input checked="" type="checkbox"/>	—	—	<input checked="" type="checkbox"/>
Saturated Flow Rate (RTOR)	—	133	—	—	48	—	—	11	—	—	17	—

Figura 159: Cuadro de “Lane Settings” modificado con Paso a desnivel en acceso Este y Oeste.

Fuente: Programa Synchro V8.0



Figura 160: Niveles de servicio por acceso y nivel de servicio de la intersección con el Paso a desnivel en el acceso Este y Oeste.

Fuente: Programa Synchro V8.0

Se muestra el nivel de servicio y los niveles de servicio por acceso de la intersección.

Finalmente se muestra los resultados de los cálculos que hizo el programa en base a toda la información que se le modificó.

NODE SETTINGS	
Node #	3
Zone:	TACNA
X East (m):	368803.5
Y North (m):	8008005.8
Z Elevation (m):	0.0
Description	
Control Type	Pretimed
Cycle Length (s):	80.0
Lock Timings:	<input type="checkbox"/>
Optimize Cycle Length:	Optimize
Optimize Splits:	Optimize
Actuated Cycle(s):	80.0
Natural Cycle(s):	100.0
Max v/c Ratio:	1.69
Intersection Delay (s):	151.8
Intersection LOS:	F

Figura 161: Resultados obtenidos con el Paso a desnivel en acceso Este y Oeste.

Fuente: Programa Synchro V8.0

MODIFICACION DE SECCION VIAL: AUMENTO DE CARRILES OPCIÓN 1

Lo primero que se hizo fue aumentar carriles de la siguiente manera:

- Aumentar 1 carril de entrada y 1 carril de salida en la Av. Gustavo Pinto acceso Norte, volviéndose 2 carriles de entrada y 2 carriles de salida de ancho 3.0m. (ancho mínimo).

LANE SETTINGS	 NBL	 NBT	 NBR
Lanes and Sharing (#RL)			
Traffic Volume (vph)	100	492	116
Street Name	AV. GUSTAVO PINTO		
Link Distance (m)	—	266.1	—
Links Speed (km/h)	—	50	—
Set Arterial Name and Speed	— NB —		
Travel Time (s)	—	19.2	—
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.0	3.0	3.0
Grade (%)	—	0	—

Figura 162: Aumento de carriles compartidos opción 1 en acceso Norte.

Fuente: Programa Synchro V8.0

- Aumentar 1 carril de salida en la Av. Gustavo Pinto acceso Sur, volviéndose 2 carriles de entrada y 2 carriles de salida de 3.0m (ancho mínimo).

LANE SETTINGS	 SBL	 SBT	 SBR
Lanes and Sharing (#RL)			
Traffic Volume (vph)	128	576	96
Street Name	AV.GUSTAVO PINTO		
Link Distance (m)	—	222.6	—
Links Speed (km/h)	—	50	—
Set Arterial Name and Speed	— SB —		
Travel Time (s)	—	16.0	—
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.0	3.0	3.0
Grade (%)	—	0	—

Figura 163: Aumento de carriles compartidos opción 1 en acceso Sur.

Fuente: Programa Synchro V8.0

- Eliminar el estacionamiento de la Av. Bolognesi acceso Este y los sardineles para que sean 3 carriles compartidos de entrada de ancho 3.4m.

LANE SETTINGS			
Lanes and Sharing (#RL)			
Traffic Volume (vph)	364	840	212
Street Name	AV. BOLOGNESI		
Link Distance (m)	—	329.5	—
Links Speed (km/h)	—	50	—
Set Arterial Name and Speed	—	EB	—
Travel Time (s)	—	23.7	—
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.4	3.4	3.4
Grade (%)	—	3	—
Area Type CBD	—	<input type="checkbox"/>	—
Storage Length (m)	0.0	—	0.0
Storage Lanes (#)	—	—	—

Figura 164: Cambio de carril de 27 m a carril completo en acceso Este.

Fuente: Programa Synchro V8.0

Quedando así la configuración de carriles en “Lane Settings” como se muestra a continuación:

LANE SETTINGS												
Lanes and Sharing (#RL)												
Traffic Volume (vph)	364	840	212	52	480	48	100	492	116	128	576	96
Street Name	AV. BOLOGNESI			AV. BOLOGNESI			AV. GUSTAVO PINTO			AV. GUSTAVO PINTO		
Link Distance (m)	—	329.5	—	—	179.1	—	—	266.1	—	—	222.6	—
Links Speed (km/h)	—	50	—	—	50	—	—	50	—	—	50	—
Set Arterial Name and Speed	—	EB	—	—	WB	—	—	NB	—	—	SB	—
Travel Time (s)	—	23.7	—	—	12.9	—	—	19.2	—	—	16.0	—
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.4	3.4	3.4	2.9	2.9	2.9	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3
Grade (%)	—	3	—	—	-3	—	—	0	—	—	0	—
Area Type CBD	—	<input type="checkbox"/>	—	—	<input type="checkbox"/>	—	—	<input type="checkbox"/>	—	—	<input type="checkbox"/>	—
Storage Length (m)	0.0	—	27.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0
Storage Lanes (#)	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Right Turn Channelized	—	—	None	—	—	None	—	—	None	—	—	None
Curb Radius (m)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Add Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lane Utilization Factor	0.91	0.91	0.91	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Right Turn Factor	—	0.978	—	—	0.988	—	—	0.975	—	—	0.982	—
Left Turn Factor (prot)	—	0.987	—	—	0.996	—	—	0.993	—	—	0.992	—
Saturated Flow Rate (prot)	—	4569	—	—	3179	—	—	3237	—	—	3308	—
Left Turn Factor (perm)	—	0.987	—	—	0.996	—	—	0.993	—	—	0.992	—
Right Ped Bike Factor	—	0.991	—	—	0.998	—	—	0.995	—	—	0.997	—
Left Ped Factor	—	0.996	—	—	1.000	—	—	0.998	—	—	0.999	—
Saturated Flow Rate (perm)	—	4553	—	—	3178	—	—	3231	—	—	3304	—
Right Turn on Red?	—	—	<input checked="" type="checkbox"/>	—	—	<input checked="" type="checkbox"/>	—	—	<input checked="" type="checkbox"/>	—	—	<input checked="" type="checkbox"/>
Saturated Flow Rate (RTOR)	—	39	—	—	11	—	—	26	—	—	17	—

Figura 165: Cuadro de “Lane Settings” modificado con aumento de carriles opción 1.

Fuente: Programa Synchro V8.0

Se muestra el nivel de servicio y los niveles de servicio de la intersección.



Figura 166: Niveles de servicio por acceso y nivel de servicio de la intersección con el aumento de carriles opción 1.

Fuente: Programa Synchro V8.0

Finalmente se muestra los resultados de los cálculos que hizo el programa en base a toda la información que se le modificó.

NODE SETTINGS	
Node #	3
Zone:	TACNA
X East (m):	368806.1
Y North (m):	8008006.2
Z Elevation (m):	0.0
Description	
Control Type	Pretimed
Cycle Length (s):	80.0
Lock Timings:	<input type="checkbox"/>
Optimize Cycle Length:	Optimize
Optimize Splits:	Optimize
Actuated Cycle(s):	80.0
Natural Cycle(s):	130.0
Max v/c Ratio:	1.41
Intersection Delay (s):	137.7
Intersection LOS:	F

Figura 167: Resultados obtenidos con el aumento de carriles opción 1

Fuente: Programa Synchro V8.0

MODIFICACION DE SECCION VIAL: AUMENTO DE CARRILES OPCIÓN 2

Después se intentó aumentar de otra manera carriles de la siguiente manera:

- Aumentar 2 carril de entrada y 1 carril de salida en la Av. Gustavo Pinto acceso Norte, volviéndose 3 carriles de entrada y 2 carriles de salida de ancho 3.0m. (ancho mínimo). Para esto se elimina las bermas a ambos lados y se expropia a cada lado del acceso 1.30m.

LANE SETTINGS	 NBL	 NBT	 NBR
Lanes and Sharing (#RL)			
Traffic Volume (vph)	100	492	116
Street Name	AV. GUSTAVO PINTO		
Link Distance (m)	—	266.1	—
Links Speed (km/h)	—	50	—
Set Arterial Name and Speed	—	NB	—
Travel Time (s)	—	19.2	—
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.0	3.0	3.0
Grade (%)	—	0	—

Figura 168: Aumento de carriles compartidos opción 2 en acceso Norte.

Fuente: Programa Synchro V8.0

- Aumentar 1 carril de entrada y 1 carril de salida en la Av. Gustavo Pinto acceso Sur, volviéndose 3 carriles de entrada y 2 carriles de salida de 3.0m (ancho mínimo). Para esto se expropia al lado derecho del acceso 4.20m que sería toda la parte de la jardinera y se construye nueva vereda de 1.50m.

LANE SETTINGS	 SBL	 SBT	 SBR
Lanes and Sharing (#RL)			
Traffic Volume (vph)	128	576	96
Street Name	AV. GUSTAVO PINTO		
Link Distance (m)	—	222.6	—
Links Speed (km/h)	—	50	—
Set Arterial Name and Speed	—	SB	—
Travel Time (s)	—	16.0	—
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.0	3.0	3.0
Grade (%)	—	0	—

Figura 169: Aumento de carriles compartidos opción 2 en acceso Sur.

Fuente: Programa Synchro V8.0

- Aumentar 1 carril de entrada en la Av. Bolognesi acceso Este, volviéndose 4 carriles de entrada de ancho 3.0m. (ancho mínimo). Para esto se recorta la vereda 1.80m en el acceso y a su vez se elimina el estacionamiento, sardineles, y el paradero que existen en este acceso.

LANE SETTINGS	 EBL	 EBT	 EBR
Lanes and Sharing (#RL)			
Traffic Volume (vph)	364	840	212
Street Name	AV. BOLOGNESI		
Link Distance (m)	—	329.5	—
Links Speed (km/h)	—	50	—
Set Arterial Name and Speed	— EB —		
Travel Time (s)	—	23.7	—
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.0	3.0	3.0
Grade (%)	—	3	—

Figura 170: Aumento de carriles compartidos opción 2 en acceso Este.

Fuente: Programa Synchro V8.0

Quedando así la configuración de carriles en “Lane Settings” como se muestra a continuación:

LANE SETTINGS	 EBL	 EBT	 EBR	 WBL	 WBT	 WBR	 NBL	 NBT	 NBR	 SBL	 SBT	 SBR
Lanes and Sharing (#RL)												
Traffic Volume (vph)	364	840	212	52	480	48	100	492	116	128	576	96
Street Name	AV. BOLOGNESI			AV. BOLOGNESI			AV. GUSTAVO PINTO			AV. GUSTAVO PINTO		
Link Distance (m)	—	329.5	—	—	179.1	—	—	266.1	—	—	222.6	—
Links Speed (km/h)	—	50	—	—	50	—	—	50	—	—	50	—
Set Arterial Name and Speed	— EB —			— WB —			— NB —			— SB —		
Travel Time (s)	—	23.7	—	—	12.9	—	—	19.2	—	—	16.0	—
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.0	3.0	3.0	2.9	2.9	2.9	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Grade (%)	—	3	—	—	-3	—	—	0	—	—	0	—
Area Type CBD	—	<input type="checkbox"/>	—	—	<input type="checkbox"/>	—	—	<input type="checkbox"/>	—	—	<input type="checkbox"/>	—
Storage Length (m)	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0
Storage Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Right Turn Channelized	—	—	None	—	—	None	—	—	None	—	—	None
Curb Radius (m)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Add Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lane Utilization Factor	0.86	0.86	0.86	0.95	0.95	0.95	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91
Right Turn Factor	—	0.978	—	—	0.988	—	—	0.975	—	—	0.982	—
Left Turn Factor (prot)	—	0.987	—	—	0.996	—	—	0.993	—	—	0.992	—
Saturated Flow Rate (prot)	—	5541	—	—	3179	—	—	4527	—	—	4590	—
Left Turn Factor (perm)	—	0.987	—	—	0.996	—	—	0.993	—	—	0.992	—
Right Ped Bike Factor	—	0.991	—	—	0.998	—	—	0.995	—	—	0.997	—
Left Ped Factor	—	0.996	—	—	1.000	—	—	0.998	—	—	0.999	—
Saturated Flow Rate (perm)	—	5521	—	—	3178	—	—	4519	—	—	4584	—
Right Turn on Red?	—	—	<input checked="" type="checkbox"/>	—	—	<input checked="" type="checkbox"/>	—	—	<input checked="" type="checkbox"/>	—	—	<input checked="" type="checkbox"/>
Saturated Flow Rate (RTOR)	—	53	—	—	11	—	—	46	—	—	27	—

Figura 171: Cuadro de “Lane Settings” modificado con aumento de carriles opción 2.

Fuente: Programa Synchro V8.0

Se muestra el nivel de servicio y los niveles de servicio por acceso de la intersección.

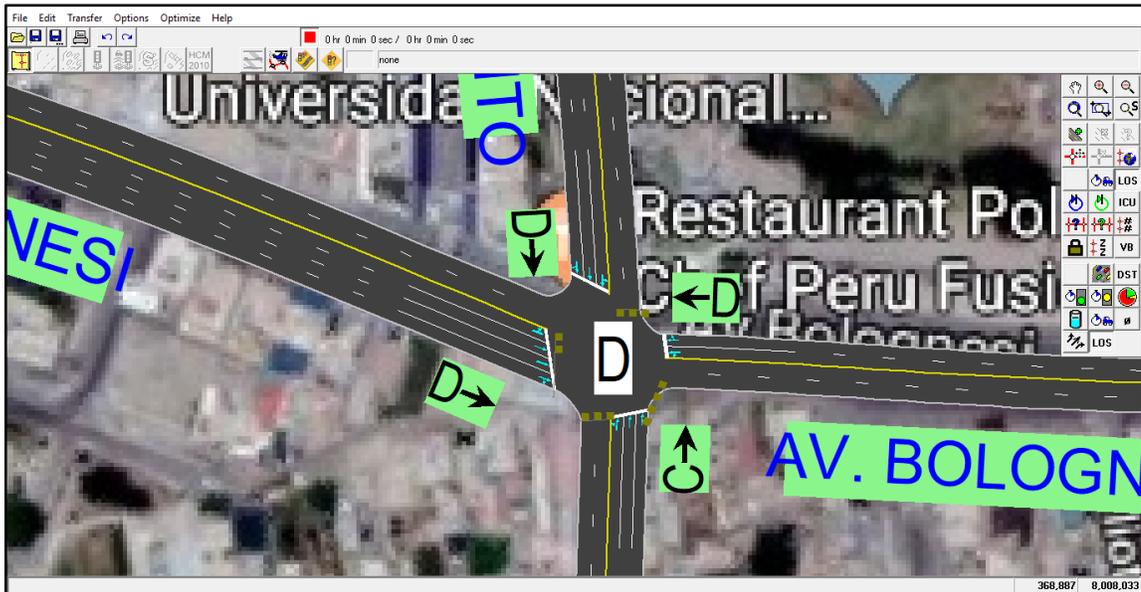


Figura 172: Niveles de servicio por acceso y nivel de servicio de la intersección con el aumento de carriles opción 2.

Fuente: Programa Synchro V8.0

Finalmente se muestra los resultados de los cálculos que hizo el programa en base a toda la información que se le modificó.

NODE SETTINGS	
Node #	3
Zone:	TACNA
X East (m):	368806.1
Y North (m):	8008006.2
Z Elevation (m):	0.0
Description	
Control Type	Pretimed
Cycle Length (s):	80.0
Lock Timings:	<input type="checkbox"/>
Optimize Cycle Length:	Optimize
Optimize Splits:	Optimize
Actuated Cycle(s):	80.0
Natural Cycle(s):	80.0
Max v/c Ratio:	0.99
Intersection Delay (s):	45.5
Intersection LOS:	D



Figura 173: Resultados obtenidos con el aumento de carriles opción 2.

Fuente: Programa Synchro V8.0

PASO A DESNIVEL, MODIFICACION DE SECCION VIAL: AUMENTO DE CARRILES OPCION 1 Y OPTIMIZACION DE SEMAFOROS

Se sigue el mismo procedimiento de modificaciones explicado anteriormente para el paso a desnivel en la Av. Bolognesi en el acceso Este y Oeste de la intersección.

Así también se aumentó carriles en la Av. Gustavo Pinto tanto en el acceso Norte y Sur de la misma manera explicado en la opción 1.

Finalmente se optimizó los tiempos de semáforos como se explicó anteriormente.

Quedando así la configuración de carriles en “Lane Settings” como se muestra a continuación:

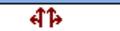
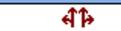
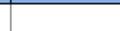
LANE SETTINGS	 EBL	 EBT	 EBR	 WBL	 WBT	 WBR	 NBL	 NBT	 NBR	 SBL	 SBT	 SBR
Lanes and Sharing (#RL)												
Traffic Volume (vph)	364	0	212	52	0	48	100	492	116	128	576	96
Street Name	AV. BOLOGNESI			AV. BOLOGNESI			AV. GUSTAVO PINTO			AV. GUSTAVO PINTO		
Link Distance (m)	—	329.5	—	—	179.1	—	—	266.1	—	—	222.6	—
Links Speed (km/h)	—	50	—	—	50	—	—	50	—	—	50	—
Set Arterial Name and Speed	— EB			— WB			— NB			— SB		
Travel Time (s)	—	23.7	—	—	12.9	—	—	19.2	—	—	16.0	—
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	4.8	4.8	4.8	2.9	2.9	2.9	3.0	3.0	3.0	3.0	3.1	3.0
Grade (%)	—	3	—	—	-3	—	—	0	—	—	0	—
Area Type CBD	—	<input type="checkbox"/>	—	—	<input type="checkbox"/>	—	—	<input type="checkbox"/>	—	—	<input type="checkbox"/>	—
Storage Length (m)	0.0	—	27.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0
Storage Lanes (#)	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Right Turn Channelized	—	—	None	—	—	None	—	—	None	—	—	None
Curb Radius (m)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Add Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lane Utilization Factor	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Right Turn Factor	—	0.945	—	—	0.928	—	—	0.975	—	—	0.982	—
Left Turn Factor (prot)	—	0.969	—	—	0.975	—	—	0.993	—	—	0.992	—
Saturated Flow Rate (prot)	—	3427	—	—	2725	—	—	3124	—	—	3232	—
Left Turn Factor (perm)	—	0.969	—	—	0.975	—	—	0.993	—	—	0.992	—
Right Ped Bike Factor	—	0.975	—	—	0.987	—	—	0.995	—	—	0.997	—
Left Ped Factor	—	0.982	—	—	0.993	—	—	0.998	—	—	0.999	—
Saturated Flow Rate (perm)	—	3364	—	—	2707	—	—	3119	—	—	3227	—
Right Turn on Red?	—	—	<input checked="" type="checkbox"/>	—	—	<input checked="" type="checkbox"/>	—	—	<input checked="" type="checkbox"/>	—	—	<input checked="" type="checkbox"/>
Saturated Flow Rate (RTOR)	—	122	—	—	48	—	—	25	—	—	17	—

Figura 174: Cuadro de “Lane Settings” modificado con el Paso a desnivel, aumento de carriles opción 1 y optimización de semáforos.

Fuente: Programa Synchro V8.0

TIMING SETTINGS												
	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Leading Detector (m)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—
Trailing Detector (m)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—
Minimum Initial (s)	4.0	4.0	—	4.0	4.0	—	4.0	4.0	—	4.0	4.0	—
Minimum Split (s)	19.0	19.0	—	19.0	19.0	—	19.0	19.0	—	19.0	19.0	—
Total Split (s)	19.0	19.0	—	19.0	19.0	—	23.0	23.0	—	24.0	24.0	—
Yellow Time (s)	3.0	3.0	—	3.0	3.0	—	3.0	3.0	—	3.0	3.0	—
All-Red Time (s)	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—
Lost Time Adjust (s)	—	0.0	0.0	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—
Lagging Phase?	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Allow Lead/Lag Optimize?	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Recall Mode	Max	Max	—									
Actuated Effct. Green (s)	—	16.0	—	—	16.0	—	—	20.0	—	—	21.0	—
Actuated g/C Ratio	—	0.19	—	—	0.19	—	—	0.24	—	—	0.25	—
Volume to Capacity Ratio	—	0.77	—	—	0.18	—	—	0.94	—	—	0.99	—

Figura 175: Optimización de tiempos de verde en los semáforos de la intersección.

Fuente: Programa Synchro V8.0

Optimizando los tiempos del semáforo quedaría así el cuadro de “Timings Settings” como se muestra a continuación:

TIMING SETTINGS												
	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)												
Traffic Volume (vph)	364	0	212	52	0	48	100	492	116	128	576	96
Turn Type	Split	—	—									
Protected Phases	6	6	—	8	8	—	2	2	—	4	4	—
Permitted Phases	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Detector Phases	6	6	—	8	8	—	2	2	—	4	4	—
Switch Phase	0	0	—	0	0	—	0	0	—	0	0	—
Leading Detector (m)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—
Trailing Detector (m)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—
Minimum Initial (s)	4.0	4.0	—	4.0	4.0	—	4.0	4.0	—	4.0	4.0	—
Minimum Split (s)	19.0	19.0	—	19.0	19.0	—	19.0	19.0	—	19.0	19.0	—
Total Split (s)	19.0	19.0	—	19.0	19.0	—	23.0	23.0	—	24.0	24.0	—
Yellow Time (s)	3.0	3.0	—	3.0	3.0	—	3.0	3.0	—	3.0	3.0	—
All-Red Time (s)	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—
Lost Time Adjust (s)	—	0.0	0.0	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—
Lagging Phase?	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Allow Lead/Lag Optimize?	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Recall Mode	Max	Max	—									
Actuated Effct. Green (s)	—	16.0	—	—	16.0	—	—	20.0	—	—	21.0	—
Actuated g/C Ratio	—	0.19	—	—	0.19	—	—	0.24	—	—	0.25	—
Volume to Capacity Ratio	—	0.77	—	—	0.18	—	—	0.94	—	—	0.99	—
Control Delay (s)	—	33.9	—	—	17.6	—	—	53.1	—	—	61.3	—
Queue Delay (s)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—
Total Delay (s)	—	33.9	—	—	17.6	—	—	53.1	—	—	61.3	—
Level of Service	—	C	—	—	B	—	—	D	—	—	E	—

Figura 176: Cuadro de Timings Settings modificado con el Paso a desnivel, aumento de carriles opción 1 y optimización de semáforos.

Fuente: Programa Synchro V8.0

Se muestra el nivel de servicio y los niveles de servicio por acceso de la intersección.



Figura 177: Niveles de servicio por acceso y nivel de servicio de la intersección con el Paso a desnivel, aumento de carriles opción 1 y optimización de semáforos.

Fuente: Programa Synchro V8.0

Finalmente se muestra los resultados de los cálculos que hizo el programa en base a toda la información que se le modificó.

NODE SETTINGS	
Node #	3
Zone:	TACNA
X East (m):	368803.5
Y North (m):	8008005.8
Z Elevation (m):	0.0
Description	
Control Type	Pretimed
Cycle Length (s):	85.0
Lock Timings:	<input type="checkbox"/>
Optimize Cycle Length:	Optimize
Optimize Splits:	Optimize
Actuated Cycle(s):	85.0
Natural Cycle(s):	90.0
Max v/c Ratio:	0.99
Intersection Delay (s):	49.4
Intersection LOS:	D



Figura 178: Resultados obtenidos con el Paso a desnivel, aumento de carriles opción 1 y optimización de semáforos.

Fuente: Programa Synchro V8.0

MODIFICACION DE FASES: CAMBIO A 2 FASES

Cambio de 4 fases de los semáforos a 2 fases, es decir, que en la primera fase pasen los accesos Este y Oeste y en la otra fase pasen Norte y Sur.

Se modificó siguiendo la codificación Nema anteriormente explicada en el capítulo II.

TIMING SETTINGS												
Lanes and Sharing (#RL)		↑↑	↑		↑↑			↑			↑↑	
Traffic Volume (vph)	0	840	212	0	480	48	0	492	116	0	576	96
Turn Type	—	—	Prot	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Protected Phases	—	2	2	—	2	—	—	8	—	—	8	—
Permitted Phases	—			—			—			—		

Figura 179: Cambio de 4 fases a 2 fases semafóricas en la intersección.

Fuente: Programa Synchro V8.0



Figura 180: Fases semafóricas según codificación Nema.

Fuente: Programa Synchro V8.0

Para este cambio se debe prohibir en la intersección los giros a la izquierda en todos los accesos ya que si se permitiera causaría conflictos o posibles colisiones, pudiendo pasar por la intersección de frente y girando a la izquierda en las siguientes calles a 1 o 2 cuadras más arriba.

Entonces todos los volúmenes de giro a la izquierda los pasamos a volúmenes que van de frente, es decir, se siguió considerando este volumen vehicular.

LANE SETTINGS												
Lanes and Sharing (#RL)		↑↑	↑		↑↑			↑			↑↑	
Traffic Volume (vph)	0	840	212	0	480	48	0	492	116	0	576	96
Street Name	AV. BOLOGNESI			AV. BOLOGNESI			AV. GUSTAVO PINTO			AV. GUSTAVO PINTO		
Link Distance (m)	329.5			179.1			266.1			222.6		

Figura 181: Prohibición de giro a la izquierda en los cuatro accesos de la intersección.

Fuente: Programa Synchro V8.0

Quedando así el cuadro de “Timings Settings” como se muestra a continuación:

TIMING SETTINGS												
Lanes and Sharing (#RL)		↑↑	↑		↑↑			↑			↑↑	
Traffic Volume (vph)	0	840	212	0	480	48	0	492	116	0	576	96
Turn Type	—	—	Prot	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Protected Phases	—	2	2	—	2	—	—	8	—	—	8	—
Permitted Phases	—			—		—	—		—	—		—
Detector Phases	—	2	2	—	2	—	—	8	—	—	8	—
Switch Phase	—	0	0	—	0	—	—	0	—	—	0	—
Leading Detector (m)	—	0.0	0.0	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—
Trailing Detector (m)	—	0.0	0.0	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—
Minimum Initial (s)	—	4.0	4.0	—	4.0	—	—	4.0	—	—	4.0	—
Minimum Split (s)	—	19.0	19.0	—	19.0	—	—	19.0	—	—	19.0	—
Total Split (s)	—	20.0	20.0	—	20.0	—	—	20.0	—	—	20.0	—
Yellow Time (s)	—	3.0	3.0	—	3.0	—	—	3.0	—	—	3.0	—
All-Red Time (s)	—	0.0	0.0	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—
Lost Time Adjust (s)	—	0.0	0.0	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—
Lagging Phase?	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Allow Lead/Lag Optimize?	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Recall Mode	—	Max	Max	—	Max	—	—	Max	—	—	Max	—
Actuated Effct. Green (s)	—	17.0	17.0	—	17.0	—	—	17.0	—	—	17.0	—
Actuated g/C Ratio	—	0.42	0.42	—	0.42	—	—	0.42	—	—	0.42	—
Volume to Capacity Ratio	—	0.61	0.30	—	0.38	—	—	0.72	—	—	0.45	—
Control Delay (s)	—	11.3	3.7	—	8.4	—	—	15.7	—	—	8.6	—
Queue Delay (s)	—	0.0	0.0	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—
Total Delay (s)	—	11.3	3.7	—	8.4	—	—	15.7	—	—	8.6	—
Level of Service	—	B	A	—	A	—	—	B	—	—	A	—

Figura 182: Cuadro de “Timings Settings” modificado con Cambio a 2 fases.

Fuente: Programa Synchro V8.0

Se muestra los niveles de servicio por acceso y nivel de servicio de la intersección.



Figura 183: Niveles de servicio por acceso y nivel de servicio de la intersección con el Cambio a 2 fases.

Fuente: Programa Synchro V8.0

Finalmente se muestra los resultados de los cálculos que hizo el programa en base a toda la información que se le modificó.

NODE SETTINGS	
Node #	3
Zone:	TACNA
X East (m):	368805.7
Y North (m):	8008003.6
Z Elevation (m):	0.0
Description	
Control Type	Pretimed
Cycle Length (s):	40.0
Lock Timings:	<input type="checkbox"/>
Optimize Cycle Length:	Optimize
Optimize Splits:	Optimize
Actuated Cycle(s):	40.0
Natural Cycle(s):	40.0
Max w/c Ratio:	0.72
Intersection Delay (s):	10.5
Intersection LOS:	B

Figura 184: Resultados obtenidos con el Cambio a 2 fases.

Fuente: Programa Synchro V8.0

MODIFICACION DE FASES: CAMBIO A 2 FASES Y MODIFICACION VIAL: AUMENTO DE CARRILES OPCION 1

Se siguió el mismo procedimiento de modificaciones explicado anteriormente para el cambio de 4 fases a 2 fases.

A su vez también se aumentó carriles en la Av. Gustavo Pinto tanto en el acceso Norte y Sur de la misma manera explicado en la opción 1.

TIMING SETTINGS												
Lanes and Sharing (#RL)		↑↑↑			↑↑			↑↑			↑↑	
Traffic Volume (vph)	0	840	212	0	480	48	0	492	116	0	576	96
Turn Type	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Protected Phases	—	2	—	—	2	—	—	8	—	—	8	—
Permitted Phases	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Figura 185: Prohibición de giro a la izquierda en los cuatro accesos de la intersección.

Fuente: Programa Synchro V8.0

Quedando así el cuadro de “Timings Settings” como se muestra a continuación:

LANE SETTINGS												
Lanes and Sharing (#RL)		↑↑↑			↑↑			↑↑			↑↑	
Traffic Volume (vph)	0	840	212	0	480	48	0	492	116	0	576	96
Street Name	AV. BOLOGNESI			AV. BOLOGNESI			AV. GUSTAVO PINTO			AV. GUSTAVO PINTO		
Link Distance (m)	—	329.5	—	—	179.1	—	—	266.1	—	—	222.6	—
Links Speed (km/h)	—	50	—	—	50	—	—	50	—	—	50	—
Set Arterial Name and Speed	—	EB	—	—	WB	—	—	NB	—	—	SB	—
Travel Time (s)	—	23.7	—	—	12.9	—	—	19.2	—	—	16.0	—
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.4	3.4	3.4	2.9	2.9	2.9	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3
Grade (%)	—	3	—	—	-3	—	—	0	—	—	0	—
Area Type CBD	—	<input type="checkbox"/>	—	—	<input type="checkbox"/>	—	—	<input type="checkbox"/>	—	—	<input type="checkbox"/>	—
Storage Length (m)	0.0	—	27.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0
Storage Lanes (#)	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Right Turn Channelized	—	—	None	—	—	None	—	—	None	—	—	None
Curb Radius (m)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Add Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lane Utilization Factor	1.00	0.91	0.91	1.00	0.95	0.95	1.00	0.95	0.95	1.00	0.95	0.95
Right Turn Factor	—	0.970	—	—	0.986	—	—	0.971	—	—	0.979	—
Left Turn Factor (prot)	—	1.000	—	—	1.000	—	—	1.000	—	—	1.000	—
Saturated Flow Rate (prot)	—	4582	—	—	3204	—	—	3242	—	—	3336	—
Left Turn Factor (perm)	—	1.000	—	—	1.000	—	—	1.000	—	—	1.000	—
Right Ped Bike Factor	—	0.992	—	—	0.998	—	—	0.996	—	—	0.997	—
Left Ped Factor	—	1.000	—	—	1.000	—	—	1.000	—	—	1.000	—
Saturated Flow Rate (perm)	—	4582	—	—	3204	—	—	3242	—	—	3336	—
Right Turn on Red?	—	—	<input checked="" type="checkbox"/>	—	—	<input checked="" type="checkbox"/>	—	—	<input checked="" type="checkbox"/>	—	—	<input checked="" type="checkbox"/>
Saturated Flow Rate (RTOR)	—	174	—	—	33	—	—	62	—	—	58	—

Figura 186: Cuadro de “Lane Settings” modificado con el Cambio a 2 fases y aumento de carriles opción 1.

Fuente: Programa Synchro V8.0

Se muestra los niveles de servicio por acceso y nivel de servicio de la intersección.



Figura 187: Niveles de servicio por acceso y nivel de servicio de la intersección con el Cambio a 2 fases y aumento de carriles opción 1.

Fuente: Programa Synchro V8.0

Finalmente se muestra los resultados de los cálculos que hizo el programa en base a toda la información que se le modificó.

NODE SETTINGS	
Node #	3
Zone:	TACNA
X East (m):	368805.7
Y North (m):	8008003.6
Z Elevation (m):	0.0
Description	
Control Type	Pretimed
Cycle Length (s):	40.0
Lock Timings:	<input type="checkbox"/>
Optimize Cycle Length:	Optimize
Optimize Splits:	Optimize
Actuated Cycle(s):	40.0
Natural Cycle(s):	40.0
Max v/c Ratio:	0.51
Intersection Delay (s):	8.3
Intersection LOS:	A

Figura 188: Resultados obtenidos con el Cambio a 2 fases y aumento de carriles opción 1.

Fuente: Programa Synchro V8.0

CAPITULO VII: RESULTADOS

7.1. Grado de Saturación y Nivel de Servicio

Tabla 26: Situación Real

Situación	Grado de saturación	Demora total	Nivel de Servicio
Real	1.76	225.9 segundos	F

Fuente: Elaboración Propia

7.2. Alternativas de solución

Seguidamente, se presenta las alternativas de solución planteadas:

Tabla 27: Optimización de tiempos de semáforos.

Alternativa de solución	Grado de saturación	Demora total	Nivel de Servicio
N°01	1.28	163.6 segundos	F

Fuente: Elaboración Propia

El grado de saturación o relación volumen a capacidad mejora de 1.76 a 1.28.

La demora total baja de 225.9 segundos a 163.6 segundos.

No mejora el nivel de servicio en los accesos, manteniéndose el nivel de servicio de la intersección en F.

Tabla 28: Paso a desnivel

Alternativa de solución	Grado de saturación	Demora total	Nivel de Servicio
N°02	1.69	151.8 segundos	F

Fuente: Elaboración Propia

El grado de saturación o relación volumen a capacidad mejora de 1.76 a 1.69.

La demora total baja de 225.9 segundos a 151.8 segundos.

No mejora el nivel de servicio en los accesos, manteniéndose el nivel de servicio de la intersección en F.

Tabla 29: Aumento de carriles opción 1

Alternativa de solución	Grado de saturación	Demora total	Nivel de Servicio
N°03	1.41	137.7 segundos	F

Fuente: Elaboración Propia

El grado de saturación o relación volumen a capacidad mejora de 1.76 a 1.41.

La demora total baja de 225.9 segundos 137.7 segundos.

No mejora el nivel de servicio en los accesos, manteniéndose el nivel de servicio de la intersección en F.

Tabla 30: Aumento de carriles opción 2

Alternativa de solución	Grado de saturación	Demora total	Nivel de Servicio
N°04	0.99	45.5 segundos	D

Fuente: Elaboración Propia

El grado de saturación o relación volumen a capacidad tiene una gran mejora, porque baja de 1.76 a 0.99.

La demora total baja de 225.9 segundos a 45.5 segundos.

Tiene una gran mejora el nivel de servicio en todos los accesos, quedando un nivel de servicio de la intersección de D.

Tabla 31: Paso a desnivel, aumento de carriles opción 1 y optimización de semáforos

Alternativa de solución	Grado de saturación	Demora total	Nivel de Servicio
N°05	0.99	49.4 segundos	D

Fuente: Elaboración Propia

El grado de saturación o relación volumen a capacidad tiene una gran mejora, ya que baja de 1.76 a 0.99.

La demora total baja de 225.9 segundos a 49.4 segundos.

Tiene una gran mejora el nivel de servicio en todos los accesos, quedando un nivel de servicio de la intersección de D.

Tabla 32: Cambio a 2 fases

Alternativa de solución	Grado de saturación	Demora total	Nivel de Servicio
N°07	0.72	10.5 segundos	B

Fuente: Elaboración Propia

El grado de saturación o relación volumen a capacidad tiene una gran mejora, bajando de 1.76 a 0.72.

La demora total baja de 225.9 segundos a 10.5 segundos.

Mejora significativamente el nivel de servicio en todos los accesos, quedando un nivel de servicio de la intersección de B.

Tabla 33: Cambio a 2 fases y aumento de carriles opción 1

Alternativa de solución	Grado de saturación	Demora total	Nivel de Servicio
N°08	0.51	8.3 segundos	A

Fuente: Elaboración Propia

El grado de saturación o relación volumen a capacidad tiene una gran mejora, debido a que baja de 1.76 a 0.51.

La demora total baja de 225.9 segundos a 8.3 segundos.

Mejora significativamente el nivel de servicio en todos los accesos, quedando un nivel de servicio de la intersección de A.

Resumen de alternativas de solución:

Tabla 34: Alternativas de solución

Alternativa de solución	Grado de saturación	Demora total	Nivel de Servicio
N°01	1.28	163.6 segundos	F
N°02	1.69	151.8 segundos	F
N°03	1.41	137.7 segundos	F
N°04	0.99	45.5 segundos	D
N°05	0.99	49.4 segundos	D
N°06	0.72	10.5 segundos	B
N°07	0.51	8.3 segundos	A

Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO VIII: DISCUSION

Situación actual

El resultado obtenido en la tabla N°26, muestra el grado de saturación crítico o la relación volumen a capacidad máxima, obtenida en la simulación actual del tráfico en la intersección, al ser mayor que 1, nos indica un exceso de demanda de vehículos sobre la capacidad que estas vías tienen.

Éste resultado es importante ya que el grado de saturación crítico hace un análisis global a la intersección, referido al ciclo semafórico y a su geometría, tomando en cuenta únicamente los accesos críticos, los cuales tienen la relación de flujo más alta en cada fase.

Esta relación nos sirve para poder tener en cuenta que se debe hacer un análisis de la capacidad de las vías de carriles simples o agrupados con respecto a sus movimientos críticos ya que no están cumpliendo con relación al tráfico vehicular actual, produciendo congestión vehicular.

Se confirma, que el grado de saturación es altamente saturado debido a la gran cantidad de vehículos que se presenta en la intersección de la Av. Bolognesi con Av. Gustavo Pinto en la ciudad de Tacna.

El resultado obtenido en la tabla N°26, muestra el nivel de servicio de la intersección, obtenido mediante el análisis del tráfico vehicular real y una simulación hecha con el software Synchro Traffic 8.0, al ser F, nos indica un fuerte nivel de congestión vehicular debido a altas demoras, ya que es superior a 80 segundos y un grado de saturación mayor a 1 ya que, en los accesos en la intersección, los flujos que llegan superan la capacidad.

Éste resultado es importante ya que nos permite tener conocimiento del nivel de servicio actual, que está basada en la demora media de vehículos parados por la señal del semáforo y la relación volumen a capacidad.

Se confirma, que el nivel de servicio actual en el cruce de las avenidas Av. Bolognesi con Av. Gustavo Pinto en la ciudad de Tacna no es el adecuado ya que presenta demoras elevadas.

La desventaja que presenta actualmente la intersección es que el ciclo semafórico tiene un periodo muy largo, por ejemplo, cuando se pone en tiempo verde en uno de los accesos, el resto de las calles todas están en tiempo rojo y tienen que esperar a que pasen los otros tres accesos para poder pasar.

Pero la ventaja es que los vehículos mixtos pueden voltear en 3 sentidos, a la izquierda, a la derecha o ir de frente. Asimismo, la otra ventaja que se presenta es que estando en tiempo rojo se puede poner un semáforo direccional con una flecha que indica que se puede girar a la derecha estando en tiempo rojo.

Lamentablemente esta distribución a 4 fases no permite la fluidez del tráfico vehicular por lo cual debería ser modificado.

Alternativas de solución

Optimización de tiempos de semáforos

Se puede observar los resultados obtenidos de optimizar los tiempos de semáforos de la intersección en la tabla N°27, que muestra que el grado de saturación mejora, pero sigue siendo crítico.

Por otra parte, la demora total baja, sin embargo, la intersección se mantiene en un nivel de servicio inadecuado.

Por lo tanto, no es una propuesta que solucione la problemática en estudio ya que el nivel de servicio actual no mejora y por ende la congestión vehicular continuaría.

Paso a Desnivel

Se puede observar los resultados obtenidos de la construcción de paso a desnivel en la Av. Bolognesi en la tabla N°28, donde se muestra que el grado de saturación mejora, pero continúa siendo crítico.

Por otra parte, la demora total disminuye, pero sigue estando la intersección en un nivel de servicio inadecuado.

Se puede notar que mejora los niveles de servicio en los accesos Suroeste y Noreste que es donde disminuye el tráfico vehicular debido a la construcción del paso a desnivel, pero como los accesos Sureste y Noroeste siguen congestionados no mejora el nivel de servicio de la intersección en global.

Por lo tanto, tampoco es una propuesta que solucione la problemática en estudio ya que el nivel de servicio actual no mejora y seguiría produciéndose congestión vehicular.

Aumento de carriles opción 1

Se puede observar los resultados obtenidos del aumento de carriles opción 1 en la tabla N°29, que muestra que el grado de saturación mejora, pero sigue siendo crítico.

Por otra parte, la demora total baja, sin embargo, la intersección continúa estando en un nivel de servicio inadecuado.

Por lo tanto, no es una propuesta que solucione la problemática en estudio ya que el nivel de servicio actual no mejora y por ende la congestión vehicular continuaría.

Aumento de carriles opción 2

Se puede observar los resultados obtenidos del aumento de carriles opción 2 en la tabla N°30, que muestra que el grado de saturación mejora, encontrándose ahora aceptable, ya que indica que los flujos vehiculares no afectan sobre la capacidad de la infraestructura vial.

Por otra parte, la demora total baja, por lo que, la intersección pasa a estar en un nivel de servicio regular.

Por lo tanto, es una propuesta que soluciona la problemática en estudio ya que el nivel de servicio actual mejora y por ende el comportamiento vehicular.

Esta alternativa de solución resulta un poco compleja de realizar así que no es una solución factible, pero se podría tomar en cuenta en caso sea necesario ya que soluciona el problema en estudio.

Paso a desnivel, aumento de carriles opción 1 y optimización de semáforos

Se puede observar los resultados obtenidos del paso a desnivel, aumento de carriles opción 1 y optimización de semáforos en la tabla N°31, que muestra que el grado de saturación mejora, encontrándose ahora aceptable, ya que indica que los flujos vehiculares no afectan sobre la capacidad de la infraestructura vial.

Por otra parte, la demora total baja, por lo que, la intersección pasa a estar en un nivel de servicio regular.

Por lo tanto, es una propuesta que soluciona la problemática en estudio ya que el nivel de servicio actual mejora y por ende el comportamiento vehicular.

Esta alternativa de solución resulta un poco compleja ya que se necesitaría un análisis y diseño para construir el paso a desnivel, así que no es solución factible ya que demanda tener los recursos económicos para su construcción y estudios necesarios.

Cambio a 2 fases

Se puede observar los resultados obtenidos del cambio a 2 fases de los semáforos de la intersección en la tabla N°32, que muestra que el grado de saturación tiene una gran mejora, encontrándose ahora aceptable, ya que indica que los flujos vehiculares no afectan sobre la capacidad de la infraestructura vial.

Se entiende que es debido a que antes se tenía un ciclo semafórico de 80 segundos distribuidos en 4 fases, y con esta alternativa de solución que hace que la distribución sea en 2 fases, el ciclo semafórico sería de 40 segundos, mejorando de manera significativa en la relación volumen a capacidad.

Con esto se demuestra que el ciclo semafórico y la distribución a 2 fases de los semáforos es importante para evitar congestionamientos vehiculares, ya que les permite a dos accesos pasar simultáneamente y también tener menos tiempo de espera en

semáforo rojo. A su vez la demora total disminuye notablemente, permitiendo lograr un nivel de servicio adecuado.

Por lo tanto, es una propuesta que soluciona la problemática en estudio ya que el nivel de servicio actual mejora notablemente y permitiría un tránsito normal.

Para hacer el cambio a 2 fases de los semáforos, se tendría que hacer una prohibición del giro a la izquierda en todos los accesos, para evitar posibles colisiones. Teniendo los vehículos que quieran girar a la izquierda, pasar defrente y doblar en calles aledañas a la intersección.

Esta alternativa de solución resulta sencilla de realizar así que podría tomarse en cuenta como solución factible.

Cambio a 2 fases y aumento de carriles opción 1

Se puede observar los resultados obtenidos del cambio a 2 fases de los semáforos y del aumento de carriles en la Av. Pinto en el acceso Sureste y Noroeste en la tabla N°33, que muestra que el grado de saturación tiene una gran mejora, encontrándose en condiciones óptimas, debido a que los flujos vehiculares no afectan sobre la capacidad de la infraestructura vial.

A su vez la demora total disminuye notablemente, permitiendo lograr un nivel de servicio deseable.

Por lo tanto, es una propuesta que soluciona la problemática en estudio ya que el nivel de servicio actual llega a condiciones deseables y permitiría un tráfico más fluido.

Esta alternativa de solución resulta no tan compleja de realizar así que podría tomarse en cuenta como solución factible si se quiere alcanzar que se optimice al máximo el flujo vehicular.

PROPUESTAS DE MEJORA

De las alternativas de solución presentadas se llega a la elección de tres de ellas, que, a nuestro parecer, son las más accesibles de poner en práctica de forma inmediata y así mejorar el comportamiento del tráfico vehicular.

PROPUESTA DE MEJORA 1: PASO A DESNIVEL Y AUMENTO DE CARRILES

La primera propuesta es la construcción del paso a desnivel en el acceso Suroeste y Noreste, la modificación de la sección vial con el aumento de carriles en el acceso Noroeste y Sureste.

Para la construcción del paso a desnivel en la Av. Bolognesi acceso Suroeste y Noreste que va por debajo de la alameda se toma en cuenta los aspectos que se muestran a continuación:

- Todos los vehículos que van de frente pasan por el paso a desnivel por debajo de la alameda con libre paso sin semaforización, y por encima pasan sólo los vehículos que giran a la izquierda y a la derecha, ya que ninguno puede parar porque se volverá “zona rígida”, por ende, prohibido paraderos.
- Se trasladan los paraderos de estos accesos antes de entrar al paso a desnivel, para que el transporte público que va de frente se pueda detener a dejar o subir pasajeros y así no pasen por las vías de encima, sino que vayan por el paso a desnivel.
- Quedaría entonces en el acceso Suroeste sólo dos carriles, uno para el giro a la izquierda y otro para el giro a la derecha cada uno de 4.8m. En el acceso Noreste serían dos carriles de igual forma uno para el giro a la izquierda y otro para el giro a la derecha.

Luego el aumento de carriles en la Av. Gustavo Pinto tanto en el acceso Sureste y Noroeste es siguiendo el mismo procedimiento de la opción 1, que se basa en una nueva demarcación en el pavimento, eliminación de las bermas, también se amplía el tercer carril compartido para que sea en todo su largo.

Se tiene el siguiente croquis de cómo es la propuesta de mejora 1. También se muestra el flujograma de los movimientos vehiculares según esta propuesta de mejora.

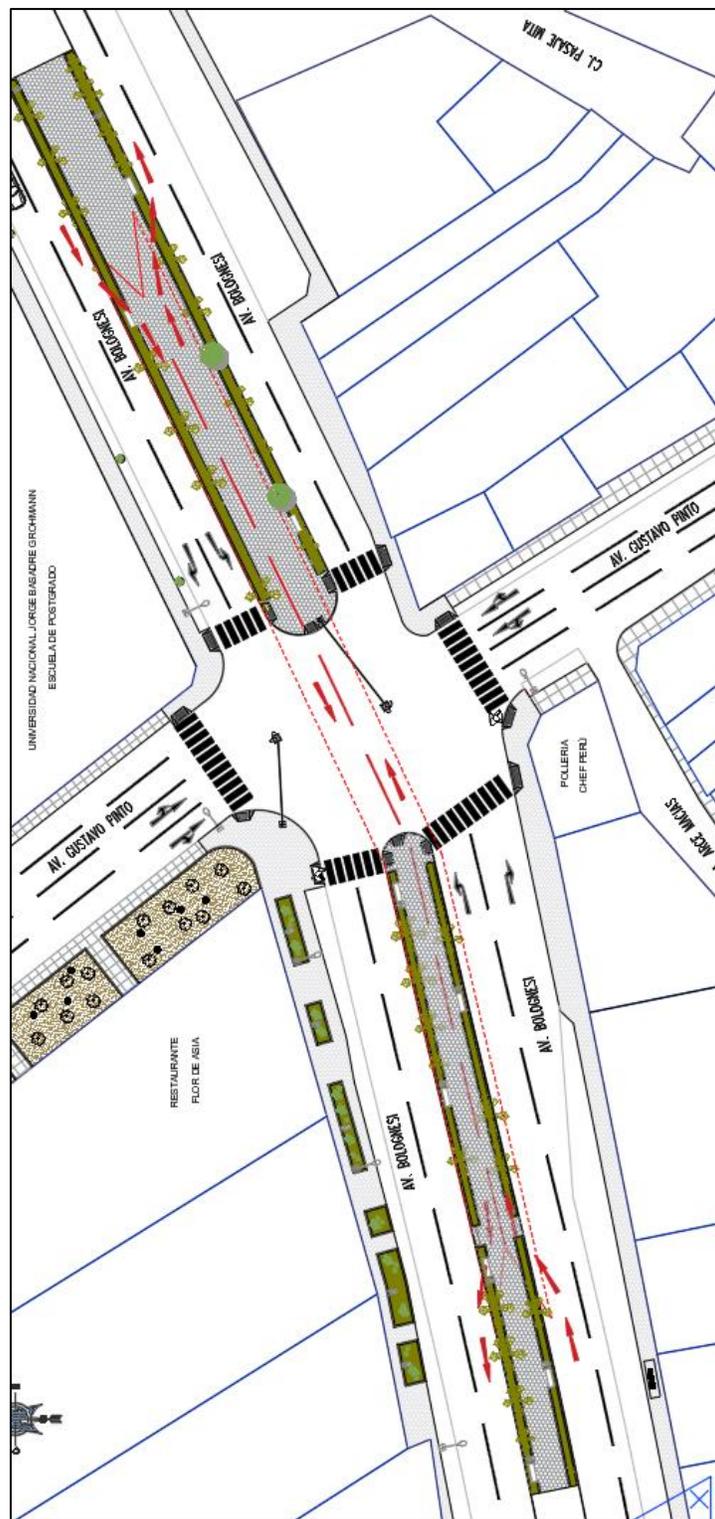


Figura 189: Croquis del paso a desnivel por debajo de la Alameda en la Av. Bolognesi y aumento de carriles en Av. Gustavo Pinto según propuesta de mejora 1.

Fuente: Elaboración propia.

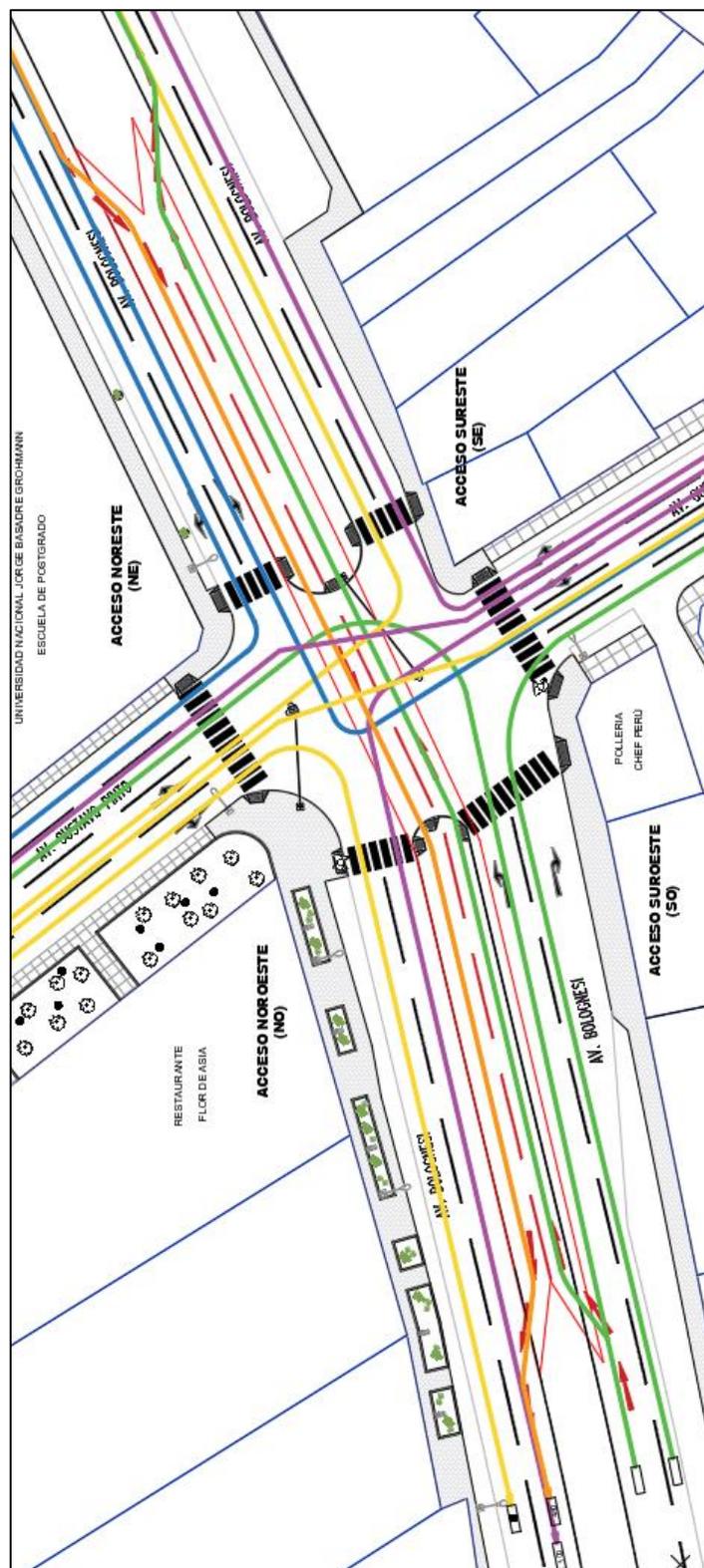


Figura 190: Flujo de los movimientos vehiculares en la intersección según propuesta de mejora 1.

Fuente: Elaboración propia.

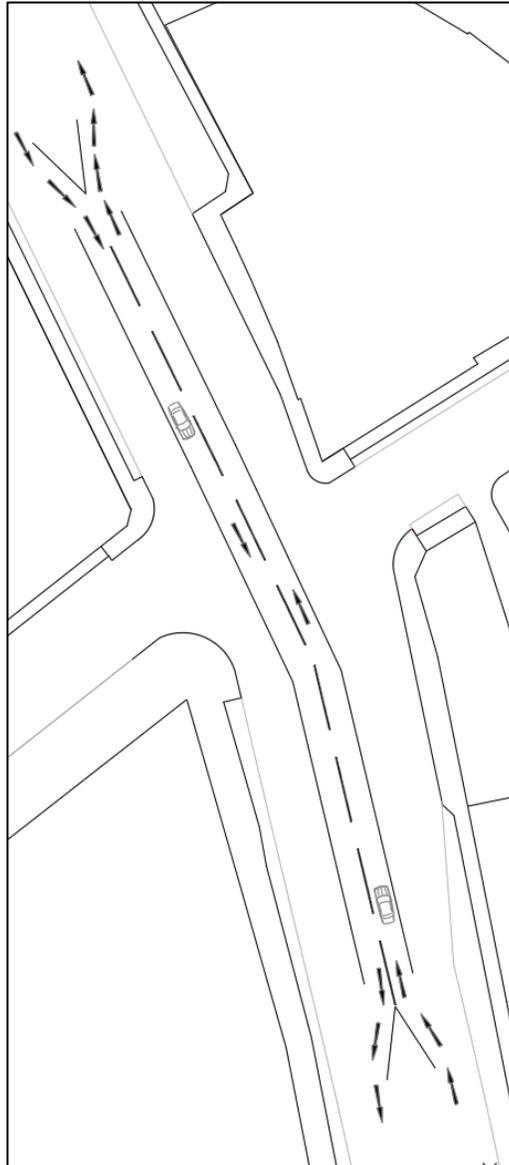


Figura 191: Carriles por debajo de la alameda de la Av. Bolognesi para el flujo de frente de paso libre sin semaforización según propuesta de mejora 1.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestran los flujos vehiculares por acceso, donde se puede notar como es el paso de los vehículos en las 4 fases del semáforo.

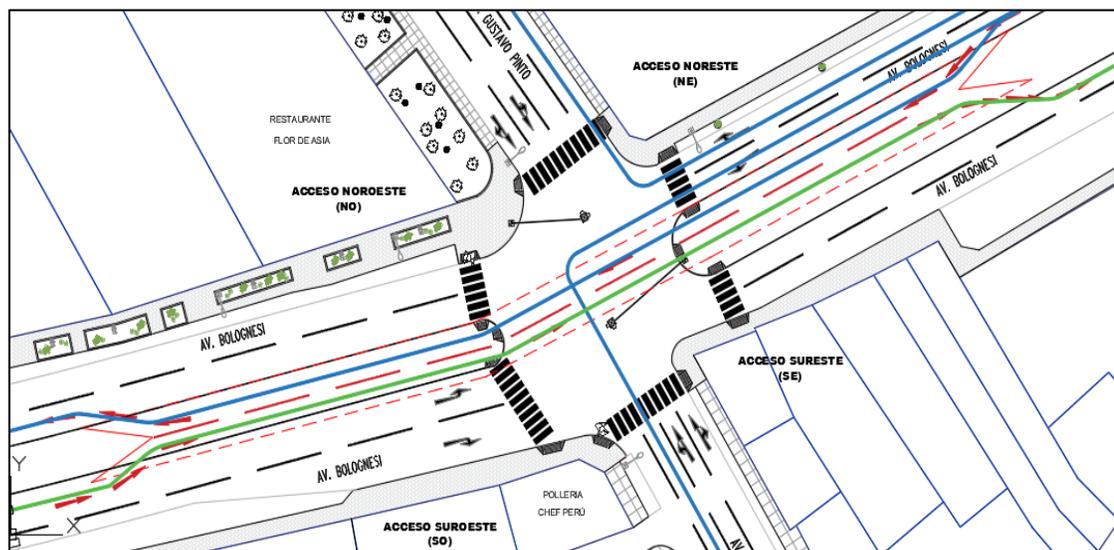


Figura 192: Flujograma vehicular en el acceso Noreste fase 1 según la propuesta de mejora 1.

Fuente: Elaboración propia.

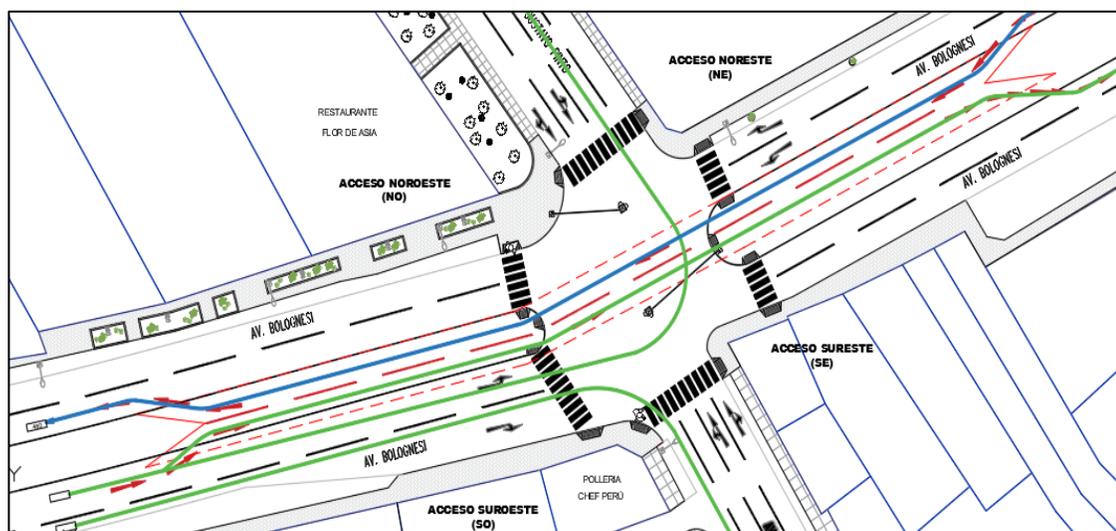


Figura 193: Flujograma vehicular en el acceso Suroeste fase 2 según la propuesta de mejora 1.

Fuente: Elaboración propia.

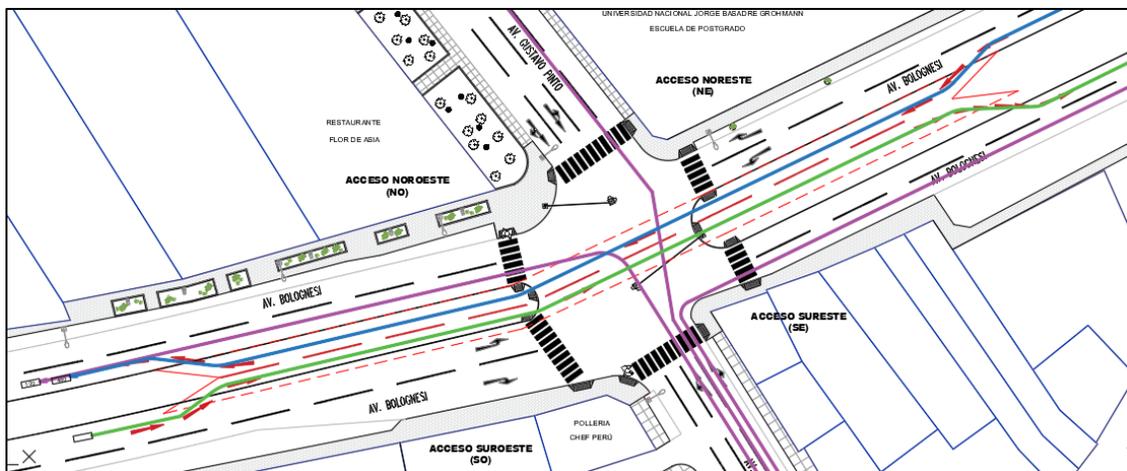


Figura 194: Flujograma vehicular en el acceso Sureste fase 3 según la propuesta de mejora 1.

Fuente: Elaboración propia.

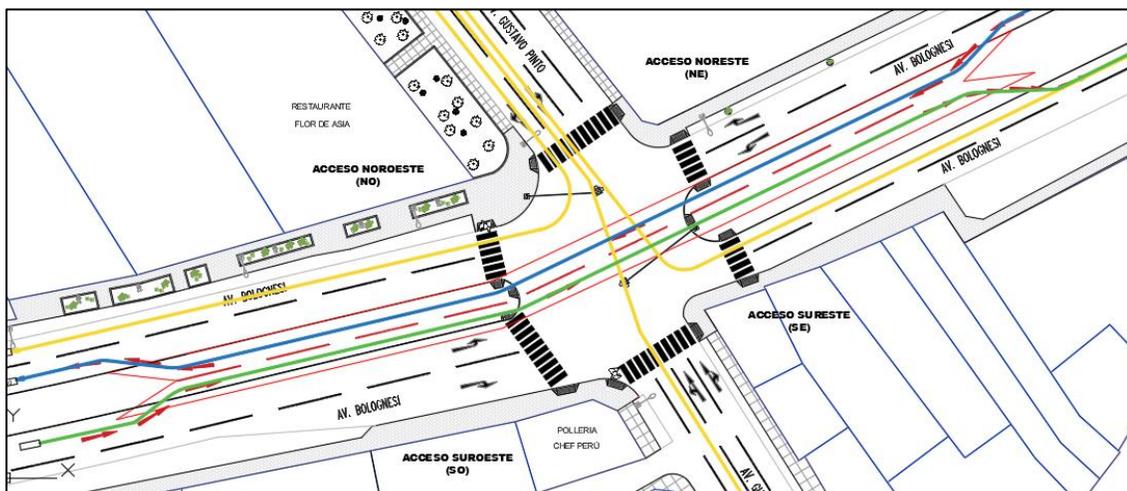


Figura 195: Flujograma vehicular en el acceso Noroeste fase 4 según la propuesta de mejora 1.

Fuente: Elaboración propia.

Es una propuesta que soluciona la problemática en estudio ya que el nivel de servicio actual mejora y por ende el comportamiento vehicular.

Resulta un poco compleja ya que se necesitaría un análisis y diseño para construir el paso a desnivel, así que no es solución factible ya que demanda tener los recursos económicos para su construcción y estudios necesarios.

PROPUESTA DE MEJORA 2: CAMBIO A 2 FASES

La segunda propuesta es el cambio de distribución de 4 fases a 2 fases de los semáforos ya que es cuestión de programación técnica de los semáforos.

Ventajas

Esto produce que el ciclo semafórico se reduzca a la mitad del tiempo, es decir, de 80 segundos a 40 segundos, produciéndose menos colas en cada acceso.

En la intersección confluyen 4 calles, si fuera de dos fases, tanto la Av. Bolognesi por los accesos Suroeste y Noreste estarían en verde al mismo tiempo, esa sería una fase; la otra fase sería programar el tiempo verde en los dos accesos Noroeste y Sureste de la Av. Pinto para que puedan pasar en simultáneo. En esas condiciones el tráfico sería más fluido.

Fase 1: Av. Bolognesi: Acceso Suroeste y Noreste

Fase 2: Av. Gustavo Pinto: Acceso Noroeste y Sureste

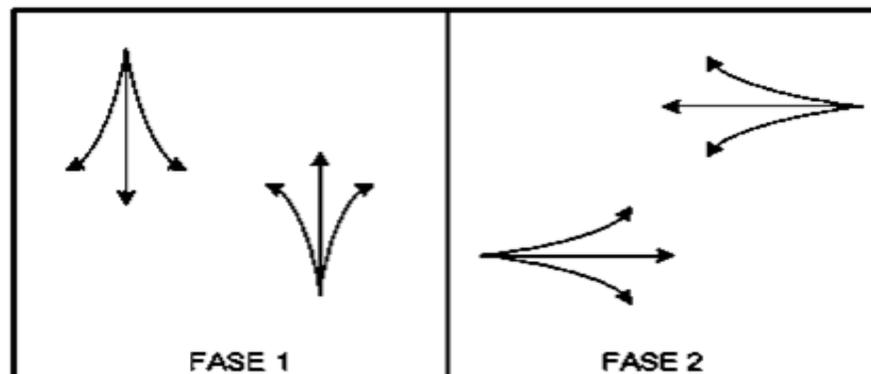


Figura 196: Croquis de cambio de 4 fases a 2 fases semafóricas en la intersección según la propuesta de mejora 3.

Fuente: Google Maps.

Desventajas

Se tendría que hacer la prohibición del giro a la izquierda a los vehículos en general en los cuatro accesos, para poder evitar posibles colisiones.

Se propone para esta desventaja que los vehículos crucen la intersección y una o dos cuadras después, hagan el giro en otras calles aledañas a la intersección que los dirija a sus destinos, como se muestra a continuación:

Acceso Noroeste:

La nueva ruta sería: Seguir de frente por la Av. Gustavo Pinto luego girar a la izquierda en la calle Universidad, después girar nuevamente a la izquierda en la calle Heliotropos y por último girar a la derecha para ingresar a la Av. Bolognesi.



Figura 197: Nuevo recorrido de los vehículos que quieran girar a la izquierda en el acceso Noroeste.

Fuente: Google Maps

En la figura N°198 se puede apreciar el lugar más cercano donde los vehículos puedan dar el giro para dirigirse a sus destinos, pudiendo notar que se estaría utilizando calles que no son muy confluídas.



Figura 198: Vehículos del acceso Noroeste girando por la calle Universidad para llegar a sus destinos.

Fuente: Google Maps

Acceso Suroeste:

La nueva ruta sería: Seguir de frente por la Av. Bolognesi luego girar a la izquierda en la calle Piura, después girar nuevamente a la izquierda en la calle Alto de Lima y por último girar para ingresar a la Av. Gustavo Pinto.



Figura 199: Nuevo recorrido de los vehículos que quieran girar a la izquierda en el acceso Suroeste.

Fuente: Google Maps

En la figura N°200 se puede apreciar el lugar más cercano donde los vehículos puedan dar el giro para dirigirse a sus destinos, pudiendo notar que se estaría utilizando calles que no son muy confluídas.



Figura 200: Vehículos del acceso Suroeste girando por la calle Piura para llegar a sus destinos.

Fuente: Google Maps

Acceso Sureste:

La nueva ruta sería: Seguir de frente por la Av. Gustavo Pinto luego girar a la derecha en la Av. Leguía, después girar nuevamente a la derecha para ingresar a la calle Alto Lima, se sigue este trayecto hasta llegar al cruce con calle Amazonas donde se da un giro a la izquierda.

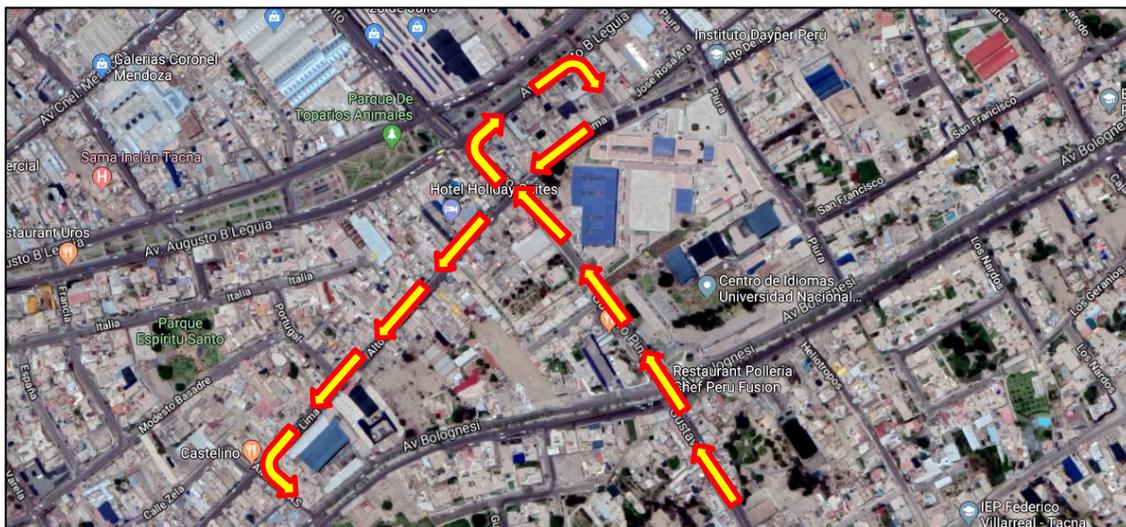


Figura 201: Nuevo recorrido de los vehículos que quieren girar a la izquierda en el acceso Sureste.

Fuente: Google Maps

En la figura N°202 se puede apreciar el lugar más cercano donde los vehículos puedan dar el giro para dirigirse a sus destinos, pudiendo notar que se estaría utilizando calles que no son muy confluídas.



Figura 202: Vehículos del acceso Sureste girando por la av. Leguía para llegar a sus destinos.

Fuente: Google Maps

Acceso Noreste

La nueva ruta sería: Seguir de frente por la Av. Bolognesi hasta llegar aproximadamente a la altura de la clínica Impares para girar a la izquierda, subir por la Av. Bolognesi y por último doblar a la derecha en la Av. Gustavo Pinto.



Figura 203: Nuevo recorrido de los vehículos que quieren girar a la izquierda en el acceso Noreste.

Fuente: Google Maps

En la figura N°204 se puede apreciar el lugar más cercano donde los vehículos puedan dar el giro para dirigirse a sus destinos, pudiendo notar que se estaría utilizando calles que no son muy confluídas.



Figura 204: Vehículos del acceso Noreste girando por intermedio de la alameda para llegar a sus destinos.

Fuente: Google Maps

En conclusión, hay ventajas y desventaja en la implementación de las fases, pero es justificado el cambio de fases debido a la congestión vehicular.

Se muestra a continuación dos croquis de la propuesta de mejora 2:

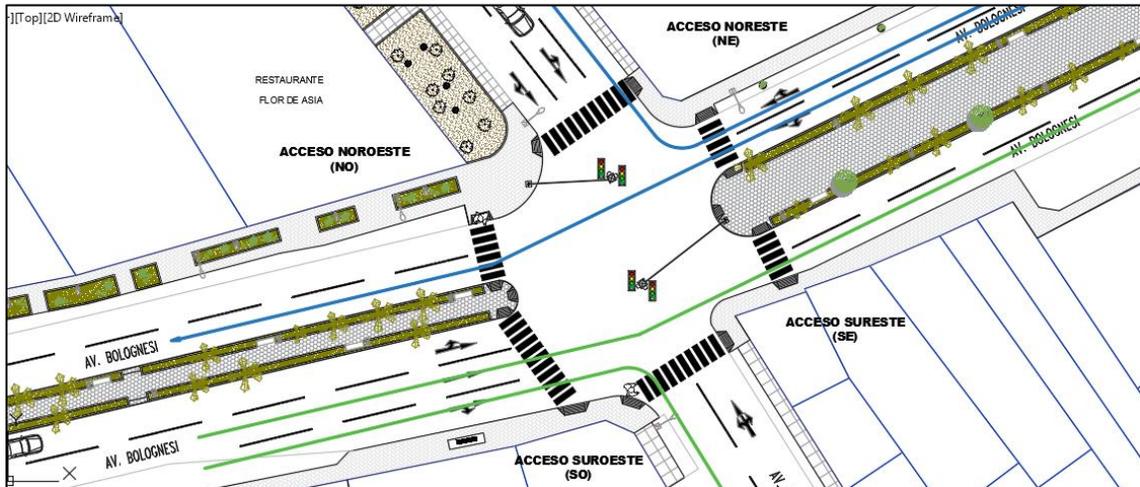


Figura 205: Paso de flujos vehiculares de accesos Suroeste y Noreste en la fase 1 según propuesta de mejora 2.

Fuente: Elaboración propia.

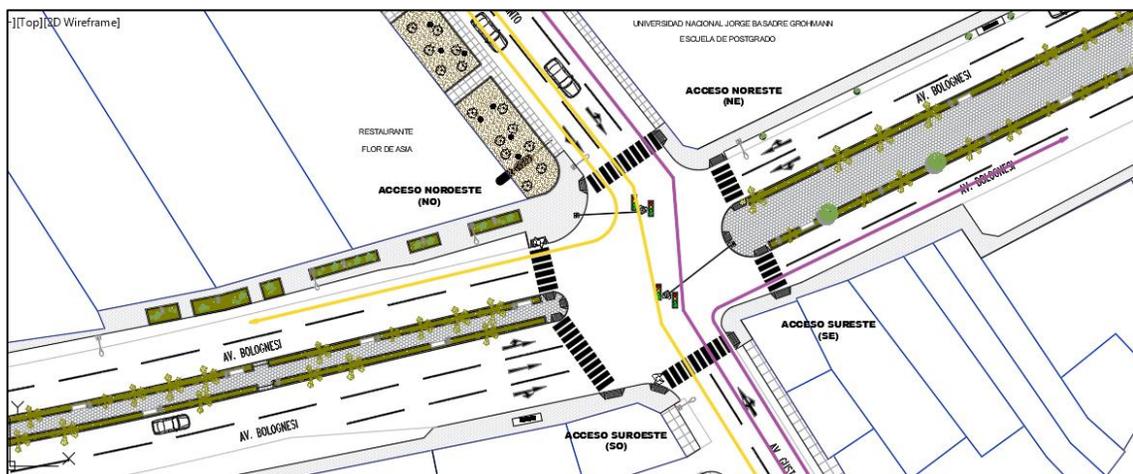


Figura 206: Paso de flujos vehiculares de accesos Sureste y Noroeste en la fase 2 según propuesta de mejora 2.

Fuente: Elaboración propia.

Es una propuesta que soluciona la problemática en estudio ya que el nivel de servicio actual mejora notablemente y permitiría un tránsito normal.

Resulta sencilla de realizar así que podría tomarse en cuenta como solución factible.

PROPUESTA DE MEJORA 3: CAMBIO A 2 FASES Y AUMENTO DE CARRILES

La tercera propuesta es el cambio de distribución de 4 fases a 2 fases de los semáforos y la modificación de la sección vial con el aumento de carriles en la Av. Gustavo Pinto tanto en el acceso Sureste y Noroeste, también en la Av. Bolognesi en el acceso Suroeste eliminar el estacionamiento para ampliar la longitud del tercer carril.

Para el cambio de fases se sigue el mismo procedimiento que la propuesta de mejora 2 ya que es cuestión de programación técnica de los semáforos.

A esta propuesta se le propuso también el aumento de carriles en la Av. Gustavo Pinto en el acceso Sureste y Noroeste de la siguiente manera:

- Aumentar 1 carril de entrada y 1 carril de salida en la Av. Gustavo Pinto acceso Sureste, volviéndose 2 carriles de entrada y 2 carriles de salida de ancho 3.0m. (ancho mínimo). Para esto se eliminan las bermas de los dos lados que son de 1.90 y 1.10 respectivamente (Ver medidas en plano de anexos).

Eliminación
de berma
de 1.10 m



Eliminación
de berma
de 1.90 m

Figura 207: Eliminación de bermas en el acceso Sureste debido al aumento de carriles según propuesta de mejora 3.

Fuente: Google Maps.

- Aumentar 1 carril de salida en la Av. Gustavo Pinto acceso Noroeste, volviéndose 2 carriles de entrada y 2 carriles de salida de 3.0m (ancho mínimo). Para esto se elimina la vereda y se expropia 1.50m la jardinera para reconstruir la vereda.

Expropiar
1.50 m de
la
jardinera
para
reconstruir
la vereda.



Figura 208: Expropiación en el acceso Noroeste debido al aumento de carriles según propuesta de mejora 3.

Fuente: Google Maps.

- Eliminar el estacionamiento de la Av. Bolognesi acceso Suroeste y los sardineles para que sean 3 carriles compartidos de entrada de ancho 3.4m.

Eliminación de
sardineles y
estacionamiento

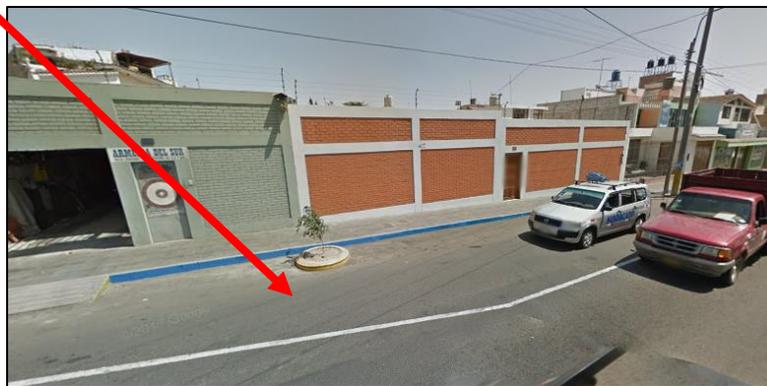


Figura 209: Eliminación de sardineles y estacionamiento en el acceso Suroeste para ampliar la longitud del tercer carril según propuesta de mejora 3.

Fuente: Google Maps.

Se muestra a continuación dos croquis de la propuesta de mejora 3:

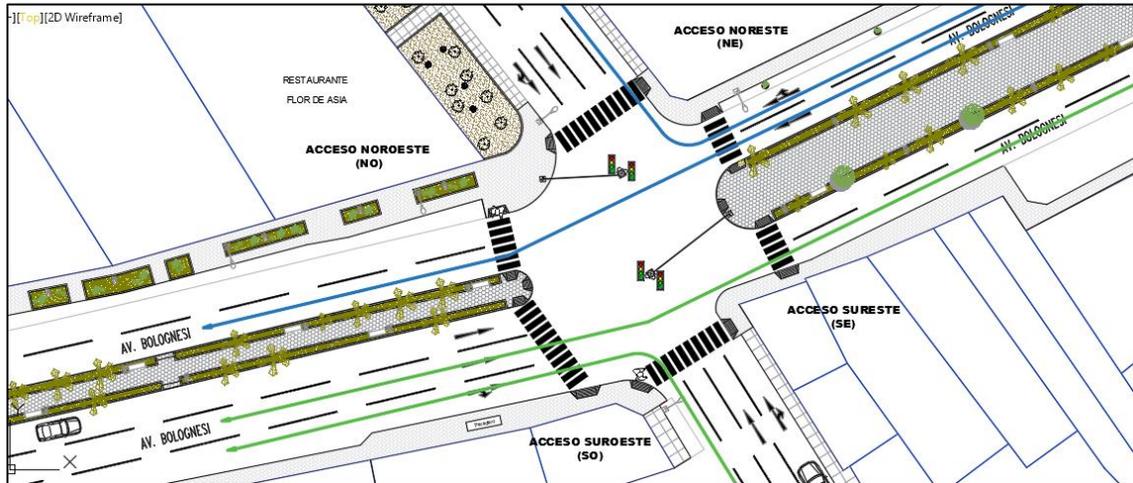


Figura 211: Paso de flujos vehiculares de accesos Suroeste y Noreste en la fase 1 según propuesta de mejora 3.

Fuente: Elaboración propia.

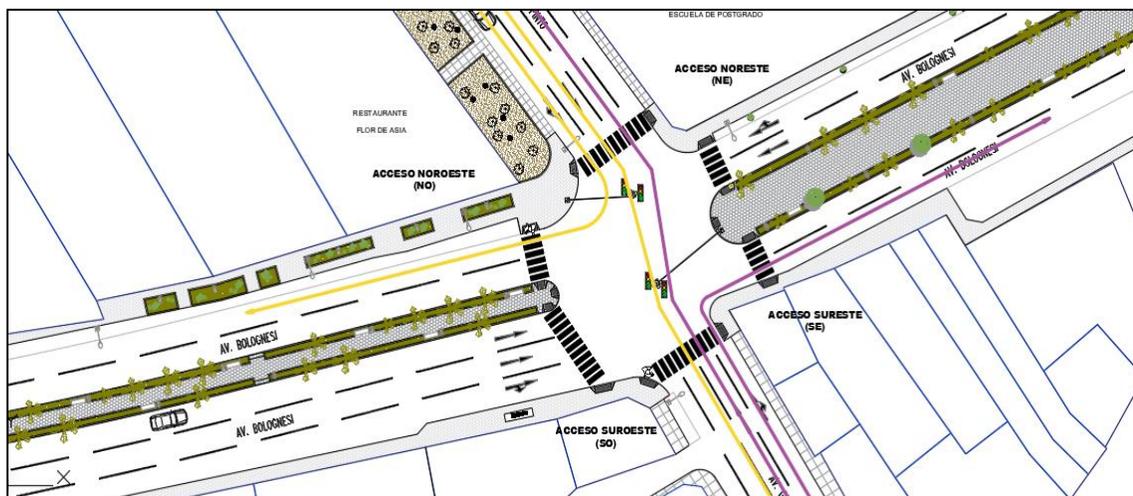


Figura 210: Paso de flujos vehiculares de accesos Sureste y Noroeste en la fase 2 según propuesta de mejora 3.

Fuente: Elaboración propia.

Es una propuesta que soluciona la problemática en estudio ya que el nivel de servicio actual llega a condiciones deseables y permitiría un tráfico más fluido.

Resulta no tan compleja de realizar así que podría tomarse en cuenta como solución factible si se quiere alcanzar que se optimice al máximo el flujo vehicular.

CONCLUSIONES

En base a los resultados conseguidos tanto para la situación actual, así como las propuestas de mejora a la intersección analizada, se presentan las siguientes conclusiones:

1. El grado de saturación o relación volumen a capacidad, obtenido en la simulación actual del tráfico, en la intersección vial de la Av. Bolognesi con Av. Gustavo Pinto, al ser mayor que 1, nos indicó un exceso de demanda de vehículos sobre la capacidad que estas vías tienen, produciéndose por ello en horas pico congestión vehicular.
2. La intersección de la Av. Bolognesi con Av. Gustavo Pinto presentó un nivel de servicio F, el cual no fue adecuado, ya que mostró demoras elevadas en el paso de los vehículos por la intersección, generando retrasos de viaje, largos tiempos de espera y colas.
3. Se mejoró notablemente el comportamiento del flujo vehicular y disminuyó la congestión vehicular en la intersección de la Av. Bolognesi con Av. Gustavo Pinto, con la propuesta de mejora 2, mediante el cambio de distribución de 4 fases a 2 fases de semaforización, siendo en nuestro criterio, la propuesta de mejora más factible, ya que se trató de una programación técnica de los semáforos, lo cual podría ser llevado a cabo de forma inmediata, teniendo en cuenta la prohibición del giro a la izquierda a los vehículos en general en los cuatro accesos, para poder evitar posibles colisiones.
4. Otra propuesta de mejora factible que optimizó el flujo vehicular, más en comparación de la propuesta de mejora 2, fue la propuesta de mejora 3, ya que unió el cambio de distribución de 4 fases a 2 fases de los semáforos con la modificación de sección vial que es la nueva demarcación en el pavimento del aumento de carriles y la eliminación de las bermas, lo cual podría ser llevado a cabo con una reprogramación técnica de los semáforos y un buen mantenimiento de las señales demarcadas en el pavimento.

5. Las propuestas de mejora presentadas solucionaron la problemática en estudio ya que el nivel de servicio actual mejoró notablemente y el grado de saturación se encontró en una relación aceptable permitiendo un tráfico más fluido, evitando demoras elevadas y por lo tanto mejorando el comportamiento del flujo vehicular.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda a la Gerencia de Transporte y Seguridad Ciudadana de la Municipalidad Provincial de Tacna, hacer mantenimiento a las señales en el pavimento, ya que actualmente se encuentran borrosas, esto permitiría una mejor visión para que los vehículos se coloquen cada uno en su carril correspondiente y se pueda respetar las señales de tránsito.
- Se recomienda a las Entidades encargadas del transporte público, evaluar el cambio de rutas y evitar los giros a la izquierda a fin de mejorar el comportamiento del flujo vehicular.
- La Municipalidad Provincial de Tacna, debería tener una mejor organización, es decir, especialistas en transportes que implementen un Plan de Gestión Vial, de toda la ciudad para poder analizar todas las intersecciones en conjunto.
- Se recomienda a la Municipalidad Provincial de Tacna, reforzar los temas de cultura vial ya que las personas desconocen varios puntos importantes de tránsito, como respetar las señales de tránsito y los límites de velocidad permitidas dentro del ámbito urbano, para esto podrían hacer campañas de educación vial.
- Se recomienda a la Sub Gerencia de Transporte Público y Tránsito, la implementación de semáforos inteligentes y/o contadores podrían ser también una posible manera de ordenar el tráfico y dar prioridad a los accesos con más demanda vehicular.
- Se recomienda a futuros tesisistas que deseen realizar una investigación similar a la nuestra, hacer una proyección vehicular debido al crecimiento del parque automotor de la ciudad de Tacna, ya que los flujos vehiculares al aumentar podrían cambiar la situación a futuro en la intersección.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCALÁ, M. (2016). Micro-simulación del tráfico de la intersección de las Avenidas Bolívar, Córdova y calle Andalucía empleando el software Vissim 6.
- ALVAREZ, J. (2017). Micro-simulación intermodal en la ciudad del Cusco empleando los softwares Vissim 8 y Viswalk 8.
- ANGASPILCO, Ch. (2014). Nivel de serviciabilidad en las Avenidas; Atahualpa, Juan XXII, Independencia, de los Héroes y San Martín de la ciudad de Cajamarca.
- ASOCIACION BCEOM – OIST. (2001). Manual de Tránsito.
- BALLON, S. (2016). Estudio, Simulación y Optimización del Flujo De Tráfico de la Av. Jorge Chávez desde la Calle Víctor Lira hasta la Calle Paucarpata.
- BAYONA, B., MARQUEZ, T. (2015). La congestión vehicular en la ciudad de Piura.
- CAL Y MAYOR, R., CARDENAS, J. (2007). Ingeniería de Transito – Fundamentos y aplicaciones. 8va Edición. México D.F., México. Alfaomega Grupo Editor S.S. de C.V.
- CAVAGNARO, L. (2000). Tacna: Desarrollo Urbano y Arquitectónico (1536-1880).
- DIAZ, L. (2009). Análisis vial de dos intersecciones sin semáforo en zona aledaña a nuevo Terrapuerto de Piura.
- ESQUIVEL, W. (2011). Elementos de diseño y planeamiento de intersecciones urbanas.

- FLORES, Y. (2016). Micro-simulación de la intersección de la Avenida Universitaria con la Avenida Bolívar utilizando los softwares Vissim y Viswalk 8.
- FUENTES, L., SUEROS, W. (2013). Diseño geométrico y diseño estructural del intercambio vial en la intersección de la Av. Alfonso Ugarte y la Av. Miguel de Forja en el cercado de Arequipa.
- GONZALES, D., REY, V. (2016). Propuesta de mejora de los niveles de servicio para mitigar la congestión vehicular en las intersecciones de la Av. Rafael Escardo comprendida entre las avenidas Costanera, La Paz y La Libertad, Lima – San Miguel.
- GONZÁLEZ, J., RODRIGUEZ, G., MARTINEZ, J. (2000) ¿Cómo mejorar el flujo vehicular por medio de la simulación?
- MTC. (2016). Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para calles y carreteras.
- NUÑEZ, Ch., VILLANUEVA, C. (2014). Solución Vial de la Av. Primavera comprendida entre las Avenidas La Encalada y José Nicolás Rodrigo, Lima- Lima- Surco.
- PADILLA, C., ULLOA, A. (2016). Diseño y planeamiento de una intersección vial urbana no semaforizada simulando interacción con el área de influencia.
- PINTO, Ch. (2016). Análisis y planteamiento de soluciones en el ovalo “Los Incas” – intersección de la Avenida Dolores con la Avenida Los Incas en la Provincia de Arequipa.
- REYNA, P. (2015). Propuesta de mejora de niveles de servicio en dos intersecciones.
- RODRÍGUEZ, D. (2015). Revisión del Hcm 2010 y 2000 Intersecciones Semaforizadas, Ingenium, vol. 16, n.º 32, pp. 19-31.

- RODRIGUEZ, N. (2015). Evaluación del congestionamiento vehicular en intersecciones viales.
- RUIZ, A. (2008). Control de tráfico vehicular automatizado utilizando lógica difusa.
- RUIZ, S. (2012). Evaluación del flujo vehicular en la intersección de la carrera 70 con la calle 9 por la construcción de una vía subterránea en el aeropuerto Enrique Olaya Herrera.
- SOTO, A. (2017). Rediseño vial de la Avenida Mariano Cornejo entre la calle Santa Bárbara y el Jirón Saturno.
- SUAREZ, L. (2007). Análisis y evaluación operacional de intersecciones urbanas mediante micro-simulación.
- THOMSON, I., BULL, A. (2002). La congestión del tránsito urbano: causas y consecuencias económicas y sociales. Revista de la Cepal 76.
- TRAFFICWARE. (2011). Manual Synchro Studio 8.
- TRANSPORTATION RESEARCH BOARD. (2010). Manual de Capacidad de Carreteras.
- VCHI.SA. (2005). Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas.
- VELASCO, J. (2017). Los estudios de impacto vial y el tráfico generado en la ciudad de Lima.
- VERA, F. (2012). Aplicabilidad de las metodologías del HCM 2000 y Synchro 7.0 para analizar intersecciones semaforizadas en Lima.

ANEXOS

ANEXO N°1

PANEL FOTOGRÁFICO

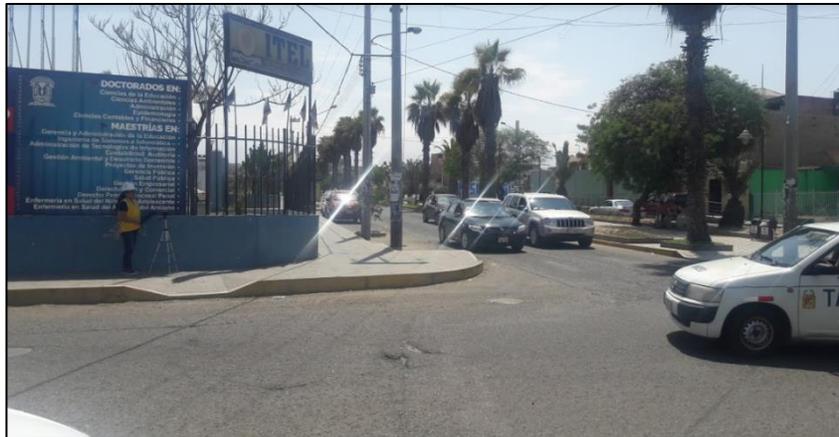


Foto 01: La recolección de datos se dio mediante un aforo vehicular, con el fin de obtener los datos más reales en campo sobre el movimiento de los vehículos mixtos.



Foto 02: Como se puede observar en la imagen, el conteo vehicular se hizo de manera manual, mediante formatos impresos y también se utilizaron cámaras filmográficas.



Foto 03: Se observa la cola que generan los vehículos mixtos en el Acceso Suroeste.



Foto 04: Se observa la cola que generan los vehículos mixtos en el Acceso Sureste.



Foto 05: Se observa la cola que generan los vehículos mixtos en el Acceso Noreste.



Foto 06: Se aprecia una vista de la intersección de la Av. Bolognesi con la Av. Gustavo Pinto, asimismo se muestra la ubicación de los semáforos.



Foto 07: Se puede ver que el pavimento presenta algunos baches a lo largo de la vía y que el camino urbano en mención no cuenta con señalización horizontal (Acceso NO).



Foto 08: En el Acceso SO, también se presenta deterioro en el pavimento y cuenta con señalización horizontal en mal estado por falta de mantenimiento.



Foto 09: Se puede observar la señalización horizontal en malas condiciones (paso peatonal) por falta de mantenimiento y por el paso de vehículos pesados.



Foto 10: Se hicieron mediciones en campo para hallar las características geométricas del acceso NO (ancho de la calzada, ancho de carriles, etc.)



Foto 11: Se hicieron mediciones en campo para hallar las características geométricas del acceso SO (ancho de la calzada, ancho de carriles, etc.)

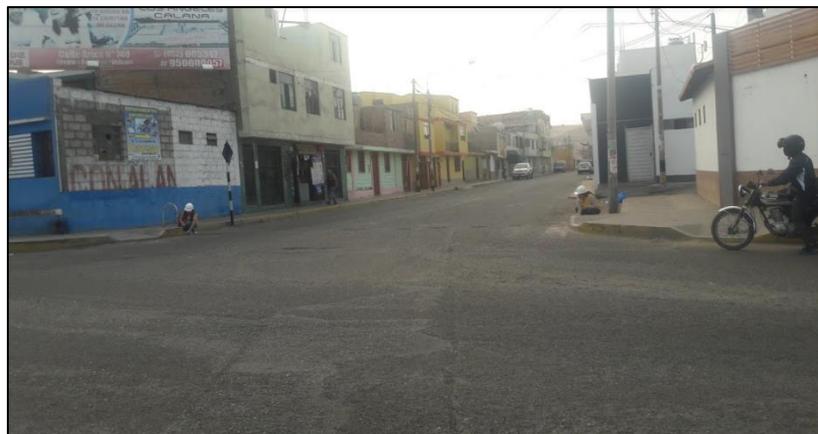


Foto 12: Se hicieron mediciones en campo para hallar las características geométricas del acceso SE (ancho de la calzada, ancho de carriles, etc.)



Foto 13: Se hicieron mediciones en campo para hallar las características geométricas del acceso NE (ancho de la calzada, ancho de carriles, etc.)



Foto 14: En la vista se observa la medición de la vereda perteneciente al acceso Noroeste.

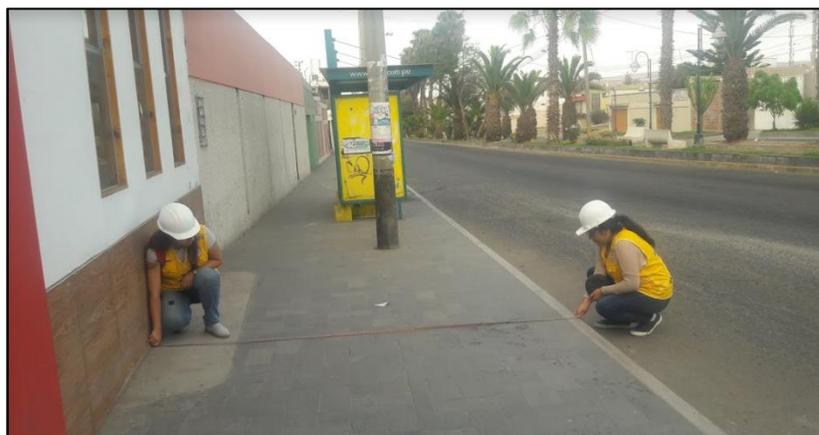


Foto 15: En la vista se observa la medición de la vereda perteneciente al acceso Suroeste.



Foto 16: En la vista se observa la medición de la vereda perteneciente al acceso Sureste.



Foto 17: En la vista se observa la medición de la vereda perteneciente al acceso Noreste.

ANEXO N°2

AFOROS VEHICULARES

ANEXO N°3

PLANOS

ANEXO N°4

INFORMACIÓN DE LA MPT

MATRIZ DE CONSISTENCIA: “OPTIMIZACIÓN DEL FLUJO VEHICULAR EN LA INTERSECCIÓN VIAL DE LA AV. BOLOGNESI Y LA AV. GUSTAVO PINTO EN LA CIUDAD DE TACNA”.						
Planteamiento del problema	Hipótesis	Objetivo	Variable	Indicador	Método	Estadística
¿Cuál es el grado de saturación de la intersección de la Av. Bolognesi con Av. Gustavo Pinto en la ciudad de Tacna?	El grado de saturación es altamente saturado debido a la gran cantidad de vehículos que se presenta en la intersección de la Av. Bolognesi con Av. Gustavo Pinto en la ciudad de Tacna.	Determinar el grado de saturación de la intersección de la Av. Bolognesi con Av. Gustavo Pinto en la ciudad de Tacna.	Relación volumen a capacidad	Menor a 1 Igual a 1 Mayor a 1	Medición de congestión vehicular por conteo vehicular	-
¿Cómo es el nivel de servicio existente en la intersección de la Av. Bolognesi con Av. Gustavo Pinto en la ciudad de Tacna?	Mediante el análisis del tráfico vehicular real y una simulación hecha con el software Synchro Traffic 8.0, se puede determinar que el nivel de servicio existente no es el adecuado ya que presenta demoras elevadas.	Conocer el nivel de servicio existente en la intersección de la Av. Bolognesi con Av. Gustavo Pinto en la ciudad de Tacna.	Nivel de servicio	Velocidad Tiempos de cola Demoras	Medición con simulación por software	-

<p>¿Cuánto mejora el comportamiento del flujo vehicular actual en la intersección de la Av. Bolognesi con Av. Gustavo Pinto en la ciudad de Tacna mediante el cambio de fases de semaforización o existe otra propuesta de mejora factible?</p>	<p>Se mejora notablemente el comportamiento del flujo vehicular y disminuye la congestión vehicular en la intersección de la Av. Bolognesi con Av. Gustavo Pinto en la ciudad de Tacna, mediante el cambio de fases de semaforización siendo una propuesta de mejora factible.</p>	<p>Evaluar el cambio de fases de semaforización y otras propuestas de mejora en la intersección de la Av. Bolognesi con Av. Gustavo Pinto en la ciudad de Tacna.</p>	<p>Mejoramient o de nivel de servicio</p>	<p>Tiempo en verde Tiempo en rojo Tiempo en amarillo</p>	<p>Simulación de las propuestas de solución con el software</p>	<p>-</p>
---	--	--	---	--	---	----------