

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



INFORME DE TESIS

“EVALUACIÓN DEL FLUJO VEHICULAR PARA EL
MEJORAMIENTO DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA AVENIDA
JORGE BASADRE GROHMANN SUR, TRAMO CRUCE AVENIDA
BILLINGHURST HASTA EL CRUCE CON LA AVENIDA BASADRE
Y FORERO EN EL DEPARTAMENTO DE TACNA, EN EL AÑO
2019”

PARA OPTAR:

TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

Bach. JULISA DEL ROSARIO QUISPE VILCA

Bach. YVANIA DEL ROSARIO TENORIO VARGAS

TACNA – PERÚ

2019

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:

**“EVALUACIÓN DEL FLUJO VEHICULAR PARA EL
MEJORAMIENTO DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA AVENIDA
JORGE BASADRE GROHMANN SUR, TRAMO CRUCE AVENIDA
BILLINGHURST HASTA EL CRUCE CON LA AVENIDA
BASADRE Y FORERO EN EL DEPARTAMENTO DE TACNA, EN
EL AÑO 2019”**

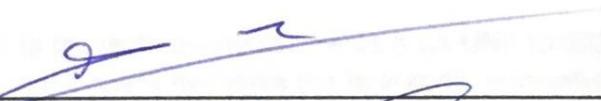
Tesis sustentada y aprobada el 19 de Septiembre del 2019; estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE:



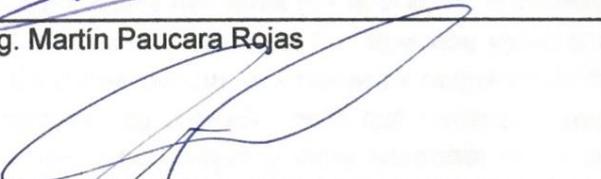
Ing. Rolando Salazar- Calderón Juárez

SECRETARIO:



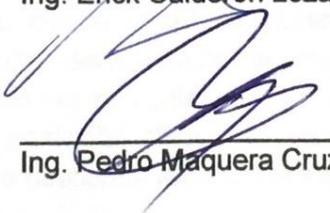
Ing. Martín Paucara Rojas

VOCAL:



Ing. Erick Calderón Lozano

ASESOR:



Ing. Pedro Maquera Cruz

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Nosotras, Yvania del Rosario Tenorio Vargas y Julisa del Rosario Quispe Vilca, en calidad de bachilleres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificados con DNI 74135350 y 72202041

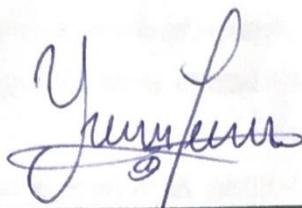
Declaramos bajo juramento que:

1. Somos autores de la tesis titulada:
"EVALUACIÓN DEL FLUJO VEHICULAR PARA EL MEJORAMIENTO DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA AVENIDA JORGE BASADRE GROHMANN SUR, TRAMO CRUCE AVENIDA BILLINGHURST HASTA EL CRUCE CON LA AVENIDA BASADRE Y FORERO EN EL DEPARTAMENTO DE TACNA, EN EL AÑO 2019", la misma que presentamos para optar el título 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.

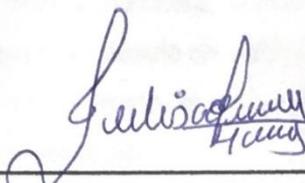
Por lo expuesto, mediante la presente asumimos frente a LA UNIVERSIDAD cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. En consecuencia, nos hacemos responsable frente 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, libro y/o invento. De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumimos las

Consecuencias y sanciones que de nuestra acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, 19 de Setiembre del 2019.



Bach. Yvania del Rosario Tenorio Vargas
DNI 74135350



Bach. Julisa del Rosario Quispe Vilca
DNI 72202041

DEDICATORIA

A mi madre y abuela Skarin y Rosa por haberme apoyado durante todo mi camino y formación profesional, por mostrarme el gran ejemplo de cómo hacer las cosas bien, por motivarme a seguir adelante a pesar de todo y por hacer de mí una persona con grandes valores.

A mi hermana Romina, que día a día me demuestra su apoyo incondicional y saca lo mejor de mí.

Yvania del Rosario Tenorio Vargas

A Dios por darme las fuerzas de seguir adelante a pesar de los obstáculos que encontramos en el camino, por darme vida, salud y por acompañarme en todo momento.

A mis padres Gladys y Manuel por haberme inculcado buenos valores, y ser un pilar fundamental en mi vida profesional, sé que puedo confiar en ustedes y lo han demostrado hasta el día de hoy.

A mi hermana Grisely por todos los consejos y palabras de motivación que puso en mí deseos de superación. A mi hermana Leslie por su compañía y paciencia.

A mi abuelito Néstor por sus palabras de aliento.

A mi Perrito Willy por acompañarme en las incontables desveladas, y brindarme su amor incondicional.

Julisa del Rosario Quispe Vilca

AGRADECIMIENTO

A DIOS, por iluminarnos en todo momento y por permitirnos haber llegado a esta etapa tan importante 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. Pedro Maquera Cruz, por su apoyo constante y en la realización de esta tesis.

A NUESTROS PADRES, por creer en nosotras y confiar en todo momento. Sin sus apoyos no hubiésemos llegado a esta etapa tan esencial en nuestras vidas.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN.....	3
CAPÍTULO I.....	4
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.1. Descripción del problema.....	4
1.2. Formulación del problema.....	10
1.3. Justificación e importancia	10
1.4. Objetivos.....	11
1.5. Hipótesis	12
CAPÍTULO II.....	13
MARCO TEÓRICO	13
2.1. Antecedentes del estudio.....	13
2.2. Bases teóricas	18
2.3. Definición de términos.....	43
CAPÍTULO III.....	45
MARCO METODOLÓGICO	45
3.1. Tipo y diseño de la investigación	45
3.2. Población y/o muestra de estudio	45
3.3. Operacionalización de variables	45
3.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos	47
3.5. Procesamiento y análisis de datos.....	94
3.5.1. Simulación de situación actual con el programa Synchro 8.0.....	94
3.5.2. Simulación de alternativas de solución con el programa Synchro 8.0.....	125
3.5.2.1. Optimización de semáforos.....	125
3.5.2.2. Eliminación de vehículos pesados	132
3.5.2.3. Optimización de semáforos y eliminación de vehículos pesados	138

3.5.2.5. Aumento de un carril en la avenida Jorge Basadre Sur en cada sentido..	146
3.5.2.5. Aumento de un carril en la avenida Jorge Basadre Sur en cada sentido, optimización de semáforo y eliminación de vehículos pesados.....	152
CAPÍTULO IV	156
RESULTADOS	156
CAPÍTULO V	163
DISCUSIÓN.....	163
CONCLUSIONES.....	171
RECOMENDACIONES.....	173
BIBLIOGRAFÍA.....	174
ANEXOS	176
MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	197

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: <i>Clasificación Vehicular</i>	20
Tabla 2: <i>Factores de ajuste por presencia de vehículos pesados.</i>	27
Tabla 3: Criterios de Nivel de Servicio para Intersecciones Reguladas por Semáforos.....	34
Tabla 4: <i>Matriz de operacionalización de variables</i>	46
Tabla 5: <i>Formato de aforo vehicular de la Intersección I</i>	79
Tabla 6: Conteo de flujos y giros de la Intersección I.	80
Tabla 7: <i>Formato de aforo vehicular de la Intersección II</i>	83
Tabla 8: Conteo de flujos y giros de la Intersección II.	84
Tabla 9: <i>Formato de aforo vehicular de la Intersección III</i>	87
Tabla 10: Conteo de flujos y giros de la Intersección III.	88
Tabla 11: <i>Identificación de hora pico de la Intersección IV</i>	91
Tabla 12: Conteo de flujos y giros de la Intersección IV.....	92
Tabla 13: <i>Datos colocados en el programa</i>	94
Tabla 14: <i>Situación Real</i>	156
Tabla 15: <i>Optimización de tiempos de semáforos</i>	156
Tabla 16: <i>Eliminación de vehículos pesados</i>	157
Tabla 17: <i>Optimización de semáforos y eliminación de vehículos pesados</i>	158
Tabla 18: Aumento de un carril en la avenida Jorge Basadre Sur en cada sentido.	159
Tabla 19: Aumento de un carril en la avenida Jorge Basadre Sur en cada sentido, optimización de semáforo y eliminación de vehículos pesados.	161
Tabla 20: <i>Resumen de las propuestas de Solución.</i>	162

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Resultado según los puntos de Medición en Tacna – Tacna.....	5
Figura 2: Vista de la intersección I.....	7
Figura 3: Vista de la intersección II.....	7
Figura 4: Vista de la intersección III.....	8
Figura 5: Vista de la intersección IV.....	8
Figura 6: Semáforo peatonal donde se indica la localización de las ondas sonoras.	22
Figura 7: Fases y diagrama de fases de una intersección con semáforos.....	23
Figura 8: Longitud de ciclo.....	24
Figura 9: Intervalo de cambio de fase.....	25
Figura 10: Niveles de servicio.....	35
Figura 11: Intersección I - Av. Jorge Basadre Grohmann cruce con Basadre y Forero.	47
Figura 12: Vista en planta de la intersección I.....	48
Figura 13: Acceso Noreste (Mayo 2019).....	48
Figura 14: Sección Vial del Acceso Noreste (Av. Jorge Basadre Grohmann)	49
Figura 15: Pendiente promedio del Acceso Noreste (Av. Jorge Basadre Grohmann).	49
Figura 16: Acceso Suroeste (Mayo 2019).....	50
Figura 17: Sección Vial del Acceso Suroeste (Av. Jorge Basadre Grohmann).....	50
Figura 18: Pendiente promedio del Acceso Suroeste (Av. Jorge Basadre Grohmann).	51
Figura 19: Acceso Sureste (Mayo 2019).....	51
Figura 20: Sección Vial del Acceso Sureste (Av. Basadre y Forero).....	52
Figura 21: Pendiente promedio del Acceso Sureste (Av. Basadre y Forero).....	52
Figura 22: Acceso Noroeste (Mayo 2019).....	53
Figura 23: Sección Vial del Acceso Noroeste (Av. Basadre y Forero).....	53
Figura 24: Pendiente promedio del Acceso Noroeste (Av. Basadre y Forero).....	54
Figura 25: Intersección II - Av. Jorge Basadre Grohmann – Av. Gustavo Pinto.....	55
Figura 26: Vista en planta de la intersección II.....	55
Figura 27: Acceso Noreste (Mayo 2019).....	56
Figura 28: Sección Vial del Acceso Noreste (Av. Jorge Basadre Grohmann)	56
Figura 29: Pendiente promedio del Acceso Noreste (Av. Jorge Basadre Grohmann)	57

Figura 30: Acceso Suroeste (Mayo 2019)	57
Figura 31: Sección Vial del Acceso Suroeste (Av. Jorge Basadre Grohmann).....	58
Figura 32: Pendiente promedio del Acceso Suroeste (Av. Jorge Basadre Grohmann)	58
Figura 33: Acceso Sureste (Mayo 2019)	59
Figura 34: Sección Vial del Acceso Sureste (Av. Gustavo Pinto)	59
Figura 35: Pendiente promedio del Acceso Sureste (Av. Gustavo Pinto).....	60
Figura 36: Acceso Noroeste (Mayo 2019).....	60
Figura 37: Sección Vial del Acceso Noroeste (Av. Gustavo Pinto).....	61
Figura 38: Pendiente promedio del Acceso Noroeste (Av. Gustavo Pinto).....	61
Figura 39: Intersección III - Av. Jorge Basadre Grohmann – Av. Gregorio Albarracín.	62
Figura 40: Vista en planta de la intersección III.....	63
Figura 41: Acceso Noreste en Google Maps (Oct. 2014)	63
Figura 42: Sección Vial del Acceso Noreste (Av. Jorge Basadre Grohmann)	64
Figura 43: Pendiente promedio del Acceso Noreste (Av. Jorge Basadre Grohmann)	64
Figura 44: Acceso Suroeste en Google Maps (Oct. 2014)	65
Figura 45: Sección Vial del Acceso Suroeste (Av. Jorge Basadre Grohmann).....	65
Figura 46: Pendiente promedio del Acceso Suroeste (Av. Jorge Basadre Grohmann)	66
Figura 47: Acceso Sureste en Google Maps (Oct. 2014)	66
Figura 48: Sección Vial del Acceso Sureste (Av. Gregorio Albarracín)	67
Figura 49: Pendiente promedio del Acceso Sureste (Av. Gregorio Albarracín)	67
Figura 50: Acceso Noroeste en Google Maps (Oct. 2014)	68
Figura 51: Sección Vial del Acceso Noroeste (Av. Gregorio Albarracín)	68
Figura 52: Pendiente promedio del Acceso Noroeste (Av. Gregorio Albarracín)	69
Figura 53: Intersección IV - Av. Jorge Basadre Grohmann cruce con Billinghamst. .70	
Figura 54: Vista en planta de la intersección IV.	70
Figura 55: Acceso Noreste en Google Maps (Oct. 2014)	71
Figura 56: Sección Vial del Acceso Noreste (Av. Jorge Basadre Grohmann)	71
Figura 57: Pendiente promedio del Acceso Noreste (Av. Jorge Basadre Grohmann)	72
Figura 58: Acceso Suroeste en Google Maps (Oct. 2014)	72
Figura 59: Sección Vial del Acceso Suroeste (Av. Jorge Basadre Grohmann).....	73
Figura 60: Pendiente promedio del Acceso Suroeste (Av. Jorge Basadre Grohmann)	73

Figura 61: Acceso Sureste en Google Maps (Oct. 2014)	74
Figura 62: Sección Vial del Acceso Sureste (Av. Billinghamurst).....	74
Figura 63: Pendiente promedio del Acceso Sureste (Av. Billinghamurst).....	75
Figura 64: Acceso Noroeste en Google Maps (Oct. 2014)	75
Figura 65: Sección Vial del Acceso Noroeste (Av. Billinghamurst).....	76
Figura 66: Pendiente promedio del Acceso Noroeste (Av. Billinghamurst).....	76
Figura 67: Identificación de movimientos de la Intersección I.....	77
Figura 68: Ciclo semafórico de la intersección I.....	81
Figura 69: Identificación de movimientos de la Intersección II.....	82
Figura 70: Ciclo semafórico de la intersección II.....	85
Figura 71: Identificación de movimientos de la Intersección III.....	86
Figura 72: Ciclo semafórico de la intersección III.....	89
Figura 73: Identificación de movimientos de la Intersección IV.....	90
Figura 74: Ciclo semafórico de la intersección IV.....	93
Figura 75: Manera de insertar la imagen satelital en el Synchro V8.0.....	95
Figura 76: Trazo de vías Av. Jorge Basadre G. con sus Intersecciones en el Synchro V8.0.....	95
Figura 77: Curvas en la Av. Jorge Basadre G. con sus Intersecciones en el Synchro V8.0.....	96
Figura 78: Nombres de las vías de la avenida Jorge Basadre G. y Av Basadre y Forero.....	96
Figura 79: Acceso de frente y giro a la derecha en la a Jorge Basadre G. y acceso compartido de frente y giro a la derecha Av Basadre y Forero.....	97
Figura 80: Grupo de carriles de entrada con sus respectivos giros en la intersección I.....	97
Figura 81: Volumen de los flujos vehiculares en sus respectivos accesos en la intersección I: Av. Jorge Basadre G con Av. Basadre y Forero.....	98
Figura 82: Volumen de los flujos vehiculares en sus respectivos accesos en la intersección II: Av. Jorge Basadre G con Av. Gustavo Pinto.....	98
Figura 83: Volumen de los flujos vehiculares en sus respectivos accesos en la intersección III: Av. Jorge Basadre G con Av. Gregorio Albarracín.....	98
Figura 84: Volumen de los flujos vehiculares en sus respectivos accesos en la intersección IV: Av. Jorge Basadre G con Av. Billinghamurst.....	98
Figura 85: Flujos vehiculares por accesos y sentido de movimiento en la intersección I: Av. Jorge Basadre G con Av. Basadre y Forero.....	99
Figura 86: Flujos vehiculares por accesos y sentido de movimiento en la intersección II: Av. Jorge Basadre G con Av. Gustavo Pinto.....	99

Figura 87: Flujos vehiculares por accesos y sentido de movimiento en la intersección III: Av. Jorge Basadre G con Av. Gregorio Albarracín.	100
Figura 88: Flujos vehiculares por accesos y sentido de movimiento en la intersección IV: Av. Jorge Basadre G con Av. Billinghamurst.	100
Figura 89: Distancia de los cuatro accesos en la intersección I: Av. Jorge Basadre G con Av. Basadre y Forero	101
Figura 90: Distancia de los cuatro accesos en la intersección II: Av. Jorge Basadre G con Av. Gustavo Pinto.....	101
Figura 91: Distancia de los cuatro accesos en la intersección III: Av. Jorge Basadre G con Av. Gregorio Albarracin.	101
Figura 92: Distancia de los cuatro accesos en la intersección IV: Av. Jorge Basadre G con Av. Billinghamurst.	101
Figura 93: Velocidad de aproximación de los vehículos por acceso en la intersección I: Av. Jorge Basadre G con Av. Basadre y Forero.....	102
Figura 94: Velocidad de aproximación de los vehículos por acceso en la intersección II: Av. Jorge Basadre G con Av. Gustavo Pinto.....	102
Figura 95: Velocidad de aproximación de los vehículos por acceso en la intersección III: Av. Jorge Basadre G con Av. Gregorio Albarracín.	102
Figura 96: Velocidad de aproximación de los vehículos por acceso en la intersección IV: Av. Jorge Basadre G con Av. Billinghamurst.	102
Figura 97: Tiempos de viaje por cada acceso en la intersección I: Av. Jorge Basadre G con Av. Basadre y Forero.	103
Figura 98: Tiempos de viaje por cada acceso en la intersección II: Av. Jorge Basadre G con Av. Gustavo Pinto.....	103
Figura 99: Tiempos de viaje por cada acceso en la intersección III: Av. Jorge Basadre G con Av. Gregorio Albarracin.	103
Figura 100: Tiempos de viaje por cada acceso en la intersección IV: Av. Jorge Basadre G con Av. Billinghamurst.	104
Figura 101: Flujo de saturación ideal básico recomendado por el HCM 2010. en la intersección I: Av. Jorge Basadre G con Av. Basadre y Forero.....	104
Figura 102: Flujo de saturación ideal básico recomendado por el HCM 2010. en la intersección II: Av. Jorge Basadre G con Av. Gustavo Pinto.....	104
Figura 103: Flujo de saturación ideal básico recomendado por el HCM 2010. en la intersección III: Av. Jorge Basadre G con Av. Gregorio Albarracín.	105
Figura 104: Flujo de saturación ideal básico recomendado por el HCM 2010. en la intersección IV: Av. Jorge Basadre G con Av. Billinghamurst.	105

Figura 105: Ancho de carriles por cada acceso en la intersección I: Av. Jorge Basadre G con Av. Basadre y Forero.	105
Figura 106: Ancho de carriles por cada acceso en la intersección II: Av. Jorge Basadre G con Av. Gustavo Pinto.	106
Figura 107: Ancho de carriles por cada acceso en la intersección III: Av. Jorge Basadre G con Av. Gregorio Albarracín.	106
Figura 108: Ancho de carriles por cada acceso en la intersección IV: Av. Jorge Basadre G con Av. Billinghamurst.	106
Figura 109: Pendiente de aproximación de los accesos de la intersección I: Av. Jorge Basadre G con Av. Basadre y Forero.	107
Figura 110: Pendiente de aproximación de los accesos de la intersección II: Av. Jorge Basadre G con Av. Gustavo Pinto.	107
Figura 111: Pendiente de aproximación de los accesos de la intersección III: Av. Jorge Basadre G con Av. Gregorio Albarracín.	107
Figura 112: Pendiente de aproximación de los accesos de la intersección IV: Av. Jorge Basadre G con Av. Billinghamurst.	108
Figura 113: Cálculos de los factores que afectan el flujo de saturación realizado en el software Synchro V8.0 basados en el HCM 2010 en la intersección I: Av. Jorge Basadre G con Av. Basadre y Forero.	108
Figura 114: Cálculos de los factores que afectan el flujo de saturación realizado en el software Synchro V8.0 basados en el HCM 2010 en la intersección II: Av. Jorge Basadre G con Av. Gustavo Pinto.	108
Figura 115: Cálculos de los factores que afectan el flujo de saturación realizado en el software Synchro V8.0 basados en el HCM 2010 en la intersección III: Av. Jorge Basadre G con Av. Gregorio Albarracín.	109
Figura 116: Cálculos de los factores que afectan el flujo de saturación realizado en el software Synchro V8.0 basados en el HCM 2010 en la intersección IV: Av. Jorge Basadre G con Av. Billinghamurst.	109
Figura 117: Número de peatones por hora que cruzan en cada acceso en la intersección I: Av. Jorge Basadre G con Av. Basadre y Forero.	110
Figura 118: Número de peatones por hora que cruzan en cada acceso en la intersección II: Av. Jorge Basadre G con Av. Gustavo Pinto.	110
Figura 119: Número de peatones por hora que cruzan en cada acceso en la intersección III: Av. Jorge Basadre G con Av. Gregorio Albarracín.	110
Figura 120: Número de peatones por hora que cruzan en cada acceso en la intersección IV: Av. Jorge Basadre G con Av. Billinghamurst.	111

Figura 121: Factor de hora pico recomendado por el HCM 2010 en la intersección I: Av. Jorge Basadre G con Av. Basadre y Forero.....	111
Figura 122: Factor de hora pico recomendado por el HCM 2010 en la intersección II: Av. Jorge Basadre G con Av. Gustavo Pinto.....	111
Figura 123: Factor de hora pico recomendado por el HCM 2010 en la intersección III: Av. Jorge Basadre G con Av. Gregorio Albarracín. Fuente: Programa Synchro V8.0	111
Figura 124: Factor de hora pico recomendado por el HCM 2010 en la intersección IV: Av. Jorge Basadre G con Av. Billinghamurst.	112
Figura 125: Porcentaje de vehículos pesados en cada acceso de la intersección I: Av. Jorge Basadre G con Av. Basadre y Forero.....	112
Figura 126: Porcentaje de vehículos pesados en cada acceso de la intersección II: Av. Jorge Basadre G con Av. Gustavo Pinto.....	112
Figura 127: Porcentaje de vehículos pesados en cada acceso de la intersección III: Av. Jorge Basadre G con Av. Gregorio Albarracín.	112
Figura 128: Porcentaje de vehículos pesados en cada acceso de la intersección IV: Av. Jorge Basadre G con Av. Billinghamurst.....	113
Figura 129: Flujo vehicular por cada acceso de la intersección I: Av. Jorge Basadre G con Av. Basadre y Forero.	113
Figura 130: Flujo vehicular por cada acceso de la intersección II: Av. Jorge Basadre G con Av. Gustavo Pinto.....	113
Figura 131: Flujo vehicular por cada acceso de la intersección III: Av. Jorge Basadre G con Av. Gregorio Albarracín.	114
Figura 132: Flujo vehicular por cada acceso de la intersección IV: Av. Jorge Basadre G con Av. Billinghamurst.	114
Figura 133: ingreso de datos del tiempo de semaforización por cada acceso de la intersección I: Av. Jorge Basadre G con Av. Basadre y Forero.....	115
Figura 134: ingreso de datos del tiempo de semaforización por cada acceso de la intersección II: Av. Jorge Basadre G con Av. Gustavo Pinto.	115
Figura 135: ingreso de datos del tiempo de semaforización por cada acceso de la intersección III: Av. Jorge Basadre G con Av. Gregorio Albarracín.	116
Figura 136: ingreso de datos del tiempo de Billinghamurst.	116
Figura 137: Volúmenes vehiculares por acceso en la intersección I: Av. Jorge Basadre G con Av. Basadre y Forero.	117
Figura 138: Volúmenes vehiculares por acceso en la intersección II: Av. Jorge Basadre G con Av. Gustavo Pinto.	117

Figura 139: Volúmenes vehiculares por acceso en la intersección III: Av. Jorge Basadre G con Av. Gregorio Albarracín.....	118
Figura 140: Volúmenes vehiculares por acceso en la intersección IV: Av. Jorge Basadre G con Av. Billinghamurst.	118
Figura 141: Carriles por acceso en la intersección I: Av. Jorge Basadre G con Av. Basadre y Forero.....	119
Figura 142: Carriles por acceso en la intersección II: Av. Jorge Basadre G con Av. Gustavo Pinto.	119
Figura 143: Carriles por acceso en la intersección III: Av. Jorge Basadre G con Av. Gregorio Albarracín.	120
Figura 144: Carriles por acceso en la intersección IV: Av. Jorge Basadre G con Av. Billinghamurst.	120
Figura 145: Niveles de servicio en la intersección I: Av. Jorge Basadre G con Av. Basadre y Forero.....	121
Figura 146: Niveles de servicio en la intersección II: Av. Jorge Basadre G con Av. Gustavo Pinto.	121
Figura 147: Niveles de servicio en la intersección III: Av. Jorge Basadre G con Av. Gregorio Albarracín.	122
Figura 148: Niveles de servicio en la intersección IV: Av. Jorge Basadre G con Av. Billinghamurst.	122
Figura 149: Simulación del tráfico actual en 3D en la intersección I: Av. Jorge Basadre G con Av. Basadre y Forero.	123
Figura 150: Simulación del tráfico actual en 3D en la intersección II: Av. Jorge Basadre G con Av. Gustavo Pinto.	123
Figura 151: Simulación del tráfico actual en 3D en la intersección III: Av. Jorge Basadre G con Av. Gregorio Albarracín.....	124
Figura 152: Simulación del tráfico actual en 3D en la intersección IV: Av. Jorge Basadre G con Av. Billinghamurst.	124
Figura 153: Cuadro de Timings Settings optimizado de la Intersección I.	125
Figura 154: Niveles de servicio por acceso y nivel de servicio de la intersección I con Optimización de tiempos de semáforos.	126
Figura 155: Resultados obtenidos con Optimización de tiempos de semáforos en la intersección I.	126
Figura 88: Cuadro de Timings Settings optimizado de la Intersección II.	127
Figura 157: Niveles de servicio por acceso y nivel de servicio de la intersección II con Optimización de tiempos de semáforos.....	127

Figura 158: Resultados obtenidos con Optimización de tiempos de semáforos en la intersección II.	128
Figura 91: Cuadro de Timings Settings optimizado de la Intersección III.	129
Figura 160: Niveles de servicio por acceso y nivel de servicio de la intersección III con Optimización de tiempos de semáforos.....	129
Figura 161: Resultados obtenidos con Optimización de tiempos de semáforos en la intersección III.	130
Figura 162: Cuadro de Timings Settings optimizado de la Intersección IV.	130
Figura 163: Niveles de servicio por acceso y nivel de servicio de la intersección IV con Optimización de tiempos de semáforos.....	131
Figura 164: Resultados obtenidos con Optimización de tiempos de semáforos en la intersección IV.	131
Figura 165: Cuadro de Volume Settings eliminando el porcentaje de vehículos pesados en la Intersección I.	132
Figura 166: Niveles de servicio por acceso y nivel de servicio de la intersección I con eliminación de porcentaje de vehículos pesados.	132
Figura 167: Resultados obtenidos con eliminación de porcentajes de vehículos pesados en la intersección I.	133
Figura 168: Cuadro de Volume Settings eliminando el porcentaje de vehículos pesados en la Intersección II.	133
Figura 169: Niveles de servicio por acceso y nivel de servicio de la intersección II con eliminación de porcentaje de vehículos pesados.	134
Figura 170: Resultados obtenidos con eliminación de porcentajes de vehículos pesados en la intersección II.	134
Figura 171: Cuadro de Volume Settings eliminando el porcentaje de vehículos pesados en la Intersección III.	135
Figura 172: Niveles de servicio por acceso y nivel de servicio de la intersección III con eliminación de porcentaje de vehículos pesados.	135
Figura 173: Resultados obtenidos con eliminación de porcentajes de vehículos pesados en la intersección III.....	136
Figura 174: Cuadro de Volume Settings eliminando el porcentaje de vehículos pesados en la Intersección IV.	136
Figura 175: Niveles de servicio por acceso y nivel de servicio de la intersección IV con eliminación de porcentaje de vehículos pesados.	137
Figura 176: Resultados obtenidos con eliminación de porcentajes de vehículos pesados en la intersección IV.	137

Figura 177: Cuadro de Volume Settings eliminando el porcentaje de vehículos pesados en la Intersección I.	138
Figura 178: Cuadro de Timings Settings optimizado de la Intersección I.	138
Figura 179: Niveles de servicio por acceso y nivel de servicio de la intersección I optimizando el tiempo del semáforo y eliminando el porcentaje de vehículos pesados.	139
Figura 180: Resultados obtenidos optimizando el tiempo del semáforo y eliminando el porcentaje de vehículos pesados.	139
Figura 181: Cuadro de Volume Settings eliminando el porcentaje de vehículos pesados en la Intersección II.	140
Figura 182: Cuadro de Timings Settings optimizado de la Intersección II.	140
Figura 183: Niveles de servicio por acceso y nivel de servicio de la intersección II optimizando el tiempo del semáforo y eliminando el porcentaje de vehículos pesados.	141
Figura 184: Resultados obtenidos optimizando el tiempo del semáforo y eliminando el porcentaje de vehículos pesados.	141
Figura 185: Cuadro de Volume Settings eliminando el porcentaje de vehículos pesados en la Intersección III.	142
Figura 186: Cuadro de Timings Settings optimizado de la Intersección III.	142
Figura 187: Niveles de servicio por acceso y nivel de servicio de la intersección III optimizando el tiempo del semáforo y eliminando el porcentaje de vehículos pesados.	143
Figura 188: Resultados obtenidos optimizando el tiempo del semáforo y eliminando el porcentaje de vehículos pesados.	143
Figura 189: Cuadro de Volume Settings eliminando el porcentaje de vehículos pesados en la Intersección IV.	144
Figura 190: Cuadro de Timings Settings optimizado de la Intersección IV.	144
Figura 191: Niveles de servicio por acceso y nivel de servicio de la intersección IV optimizando el tiempo del semáforo y eliminando el porcentaje de vehículos pesados.	145
Figura 192: Resultados obtenidos optimizando el tiempo del semáforo y eliminando el porcentaje de vehículos pesados en la intersección IV.	145
Figura 193: Cuadro de Lane Settings aumentando un carril en la avenida Jorge Basadre G. en cada sentido en la Intersección I.	146
Figura 194: Niveles de servicio por acceso y nivel de servicio de la intersección I aumentando un carril en la avenida Jorge Basadre G. en cada sentido en la Intersección I.	146

Figura 195: Resultados obtenidos aumentando un carril en la avenida Jorge Basadre G. en cada sentido en la Intersección I.	147
Figura 196: Cuadro de Lane Settings aumentando un carril en la avenida Jorge Basadre G. en cada sentido en la Intersección II.	147
Figura 197: Niveles de servicio por acceso y nivel de servicio de la intersección II aumentando un carril en la avenida Jorge Basadre G. en cada sentido en la Intersección II.	148
Figura 198: Resultados obtenidos aumentando un carril en la avenida Jorge Basadre G. en cada sentido en la Intersección II.	148
Figura 199: Cuadro de Lane Settings aumentando un carril en la avenida Jorge Basadre G. en cada sentido en la Intersección III.	149
Figura 200: Niveles de servicio por acceso y nivel de servicio de la intersección III. aumentando un carril en la avenida Jorge Basadre G. en cada sentido en la Intersección III.	149
Figura 201: Resultados obtenidos aumentando un carril en la avenida Jorge Basadre G. en cada sentido en la Intersección III.	150
Figura 202: Cuadro de Lane Settings aumentando un carril en la avenida Jorge Basadre G. en cada sentido en la Intersección IV.	150
Figura 203: Niveles de servicio por acceso y nivel de servicio de la intersección IV aumentando un carril en la avenida Jorge Basadre G. en cada sentido en la Intersección IV.	151
Figura 204: Resultados obtenidos aumentando un carril en la avenida Jorge Basadre G. en cada sentido en la Intersección IV.	151
Figura 205: Niveles de servicio por acceso y nivel de servicio de la intersección IV aumentando un carril en la avenida Jorge Basadre G. en cada sentido, optimizando con el mismo tiempo de semáforo de la propuesta anterior y eliminando el porcentaje de vehículos pesados en la Intersección I.	152
Figura 206: Resultados obtenidos aumentando un carril en la avenida Jorge Basadre G. en cada sentido, optimizando con el mismo tiempo de semáforo de la propuesta anterior y eliminando el porcentaje de vehículos pesados en la Intersección I.	152
Figura 207: Niveles de servicio por acceso y nivel de servicio de la intersección IV aumentando un carril en la avenida Jorge Basadre G. en cada sentido, optimizando con el mismo tiempo de semáforo de la propuesta anterior y eliminando el porcentaje de vehículos pesados en la Intersección II.	153
Figura 208: aumentando un carril en la avenida Jorge Basadre G. en cada sentido, optimizando con el mismo tiempo de semáforo de la propuesta anterior y eliminando el porcentaje de vehículos pesados en la Intersección II.	153

Figura 209: Niveles de servicio por acceso y nivel de servicio de la intersección III aumentando un carril en la avenida Jorge Basadre G. en cada sentido, optimizando con el mismo tiempo de semáforo de la propuesta anterior y eliminando el porcentaje de vehículos pesados en la Intersección III.....	154
Figura 210: Resultados obtenidos aumentando un carril en la avenida Jorge Basadre G. en cada sentido, optimizando con el mismo tiempo de semáforo de la propuesta anterior y eliminando el porcentaje de vehículos pesados en la Intersección III....	154
Figura 211: Niveles de servicio por acceso y nivel de servicio de la intersección IV aumentando un carril en la avenida Jorge Basadre G. en cada sentido, optimizando con el mismo tiempo de semáforo de la propuesta anterior y eliminando el porcentaje de vehículos pesados en la Intersección IV.	155
Figura 212: Resultados obtenidos aumentando un carril en la avenida Jorge Basadre G. en cada sentido, optimizando con el mismo tiempo de semáforo de la propuesta anterior y eliminando el porcentaje de vehículos pesados en la Intersección IV. ..	155
Figura 210: Croquis general de la intersección I con tres carriles en sentido noreste y suroeste en la avenida Jorge Basadre Grohmann Sur	167
Figura 211: Croquis general de la intersección II con tres carriles en sentido noreste y suroeste en la avenida Jorge Basadre Grohmann Sur	168
Figura 212: Croquis general de la intersección III con tres carriles en sentido noreste y suroeste en la avenida Jorge Basadre Grohmann Sur	169
Figura 213: Croquis general de la intersección IV con tres carriles en sentido noreste y suroeste en la avenida Jorge Basadre Grohmann Sur	170

RESUMEN

La presente investigación abarca el estudio de cuatro intersecciones semaforizadas ubicadas en la avenida Jorge Basadre Grohmann Sur en el distrito de Tacna. La primera de ellas es la intersección de las avenidas Basadre y Forero con Jorge Basadre Grohmann, la segunda es Gustavo Pinto con Jorge Basadre Grohmann, la tercera es Gregorio Albarracín con Jorge Basadre Grohmann y la cuarta es la intersección de la avenida Billinghamurst con Jorge Basadre Grohmann. Siendo todas avenidas arteriales, de gran flujo vehicular, que permiten el transporte de diversos vehículos tanto ligeros como pesados, es que se ve la necesidad de realizar un estudio de tráfico de las condiciones actuales de la vía, para finalmente garantizar la operatividad de la vía durante su vida útil.

En este proyecto se realizó la recolección de los volúmenes vehiculares y tiempos de fases de los semáforos, la información obtenida se ingresa en el software de modelación Synchro Traffic 8.0, para posteriormente determinar la capacidad vial y niveles de servicio de la situación actual de las intersecciones de estudio. Resultando un nivel de servicio F en todas las intersecciones. Según estos resultados es que se confirma el problema existente en cuanto al congestionamiento vehicular debido a la ineficiencia de tiempos semafóricos y geometría vial en las intersecciones de estudio.

Finalmente, se proponen diferentes alternativas de solución, como la optimización en los tiempos de los semáforos, la eliminación de vehículos pesados y aumento de un carril, soluciones que se aplican según la problemática de cada intersección y son detalladas en el Capítulo IV.

PALABRAS CLAVE

Tráfico, Flujo Vehicular, Aforo vehicular, Nivel de servicio, Congestionamiento, Synchro Traffic 8.0.

ABSTRACT

The present investigation includes the study of four traffic light intersections located in the avenue Jorge Basadre Grohmann Sur in the district of Tacna. The first is the intersection of Basadre and Forero avenues with Jorge Basadre Grohmann, the second is Gustavo Pinto with Jorge Basadre Grohmann, the third is Gregorio Albarracin with Jorge Basadre Grohmann and the fourth is the intersection of Billinghurst Avenue with Jorge Basadre Grohmann. Being all arterial avenues, of great vehicular flow, that allow the transport of diverse vehicles so much light as heavy, is that it is seen the necessity to realize a traffic study of the current conditions of the route, to finally guarantee the operation of the route during its useful life.

In this project, the collection of vehicle volumes and traffic phase phases was collected, the information obtained is entered into the Synchro Traffic 8.0 modeling software, to subsequently determine the road capacity and service levels of the current situation of the intersections study. Resulting a level of service F at all intersections. According to these results, the existing problem regarding vehicular congestion is confirmed due to the inefficiency of traffic light times and road geometry at the study intersections.

Finally, different solution alternatives are proposed, such as traffic light optimization, the elimination of heavy vehicles and the increase of a lane, solutions that are applied according to the problem of each intersection and are detailed in Chapter IV.

KEYWORDS

Traffic, Vehicular flow, Vehicle capacity, Service Level, Congestion, Synchro Traffic 8.0.

INTRODUCCIÓN

La ciudad de Tacna ha presentado un incremento del transporte vial, esto se debe al desarrollo del crecimiento demográfico, ocasionando inconvenientes en las personas al trasladarse de un lugar a otro, accidentes de tránsito y contaminación ambiental.

La congestión es considerada como un caso crítico, que se debe mantener controlado para garantizar niveles de servicio adecuados, se debe planificar una mejor gestión del tráfico y una mejor disciplina de parte de los pobladores al conducir. Estos problemas se agravan continuamente, pues el parque automotor crece rápidamente y las condiciones físicas de las ciudades mejoran muy poco y en algunos casos permanecen invariables, por este argumento, se tiene como propósito primordial, elaborar una investigación vial acertada. En el presente proyecto, se plantean cinco 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, en el cual se describen los antecedentes del estudio, las bases teóricas y definición de términos, con los que se tendrá un mejor alcance de la tesis. El tercer capítulo presenta el marco metodológico donde describe el tipo y diseño de la investigación, la población y muestra de estudio, técnicas e instrumentos para la recolección y análisis de datos, se muestra la compilación de datos recolectados en campo, el conteo vehicular, la selección de la hora pico y tiempos de semáforos para luego simularlos en el programa Synchro 8.0 y hallar el nivel de servicio, para finalmente plantear las alternativas de solución. El cuarto capítulo hace referencia a los resultados obtenidos en el programa Synchro 8.0. El quinto capítulo contiene la discusión final de los resultados obtenidos en el capítulo anterior.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

En el Perú, la congestión ha crecido de forma desmesurada manifestándose en incrementos de tiempos de viaje, accidentes de tránsito, contaminación atmosférica y acústica, malestar en la población que afecta psicológicamente y la pérdida económica por demoras innecesarias. La ingeniería de tráfico se encarga del “planeamiento, proyecto o de la operación de las vías públicas y de sus áreas adyacentes, así como su uso para fines de transporte, para la seguridad y para la conveniencia económica” (Chavez Izquierdo, 2005) siendo indispensable realizar estudios periódicos anuales para conocer la condición en la que se encuentran las vías, así se asegura el funcionamiento eficaz y viabilidad de la vía en el sector.

Tacna no es ajena a esta problemática, el Instituto Nacional de Estadística e Informática (2018), informó que el Índice Nacional de Flujo Vehicular se incrementó en 4.1% respecto al año anterior, el tránsito de vehículos ligeros en Tacna (Pozo Redondo) creció un 3.6% y el tránsito de vehículos pesados creció un 29.0%. Basado en el aumento de vehículos pesados, se ve el existente problema del tránsito de vehículos de movimiento lento que generan colas y retrasos en los vehículos posteriores. Según el Plan de Desarrollo Urbano de la Provincia de Tacna 2015- 2035, se declaró como intersección vial crítica según tipo de transporte a la Av. Jorge Basadre Grohmann con Av. Pinto. (MPT, 2015)

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (2016), la ciudad de Tacna se ha visto afectada por un total de 1065 accidentes de tránsito, de los cuales 661 han ocurrido en avenidas. Se encontró un total de 12 accidentes ocurridos en los años 2017, 2018 y 2019 en las intersecciones a evaluar, teniendo como causante a la falta de señalización, falta de veredas peatonales, semáforos peatonales, entre otros factores que afectan la movilidad.

La Organización de Evaluación y Fiscalización Ambiental – OEFA, realizó el estudio “Evaluación rápida del nivel de Ruido Ambiental en las Ciudades de Lima, Callao, Maynas, Coronel Portillo, Huancayo, Huánuco,

Cusco y Tacna”, en dicho estudio se mencionan los puntos de muestreo realizados durante los meses de abril a diciembre del 2010, realizando la evaluación rápida de ruidos generados por el tráfico vehicular (motos, motocarros, autos, buses, camiones, etc.), construcciones y zonas especiales. Los resultados muestran que los niveles de ruido obtenidos durante el monitoreo en 24 puntos en la provincia de Tacna se encuentran entre 63.3 dB y 79.4 dB., que de acuerdo al horario de la medición deberían ser menor a 60 dB. (OEFA, 2011)

PUNTOS DE MEDICIÓN TACNA (6 AL 9 DE DICIEMBRE DE 2010)						
PUNTO	LUGAR	DISTRITO	Leq (dBA)	ECA (D.S. N° 085-2003-PCM)		
				60	70	80
1	Av. Patricio Meléndez y Av. 2 de Mayo	Tacna	76.1	-16.1	-6.1	3.9
2	Av. 2 de Mayo y Ca. Inclán	Tacna	78.3	-18.3	-8.3	1.7
3	Av. Coronel Mendoza y Av. Gustavo Pinto	Tacna	74.8	-14.8	-4.8	5.2
4	Av. Gustavo Pinto y Av. Leguía	Tacna	72.9	-12.9	-2.9	7.1
5	Av. Gustavo Pinto y Ca. Lima	Tacna	77.1	-17.1	-7.1	2.9
6	Av. Bolognesi y Av. Pinto	Tacna	70.4	-10.4	-0.4	9.6
7	Av. Bolognesi y Av. Patricio Meléndez	Tacna	75.7	-15.7	-5.7	4.3
8	Av. 2 de Mayo e Hipólito Unanue	Tacna	76.7	-16.7	-6.7	3.3
9	Plaza Locomotora y Av. Grau	Tacna	72.3	-12.3	-2.3	7.7
10	Av. Grau y Av. Cusco	Tacna	79.4	-19.4	-9.4	0.6
11	Av. Municipal y Ca. Andrés Bello - Hospital Albanacino	Tacna	70.8	-10.8	-0.8	9.2
12	Av. San Martín y Av. Patricio Meléndez	Tacna	67.2	-7.2	2.8	12.8
13	Av. San Martín y Av. Patricio Meléndez	Tacna	72.4	-12.4	-2.4	7.6
14	Av. Jorge Basadre y Av. Pinto	Tacna	68.7	-8.7	1.3	11.3
15	Av. Jorge Basadre (entrada Tarata)	Tacna	63.3	-3.3	6.7	16.7
16	Av. Hipólito Unanue y Av. Industriales	Tacna	72.0	-12	-2	8
17	Av. Coronel Mendoza y Av. Gustavo Pinto	Tacna	76.1	-16.1	-6.1	3.9
18	Av. Coronel Mendoza y Av. Basadre y Forere	Tacna	75.5	-15.5	-5.5	4.5
19	Av. Celestino Vargas y Av. Basadre y Forere	Tacna	76.2	-16.2	-6.2	3.8
20	Av. Augusto B. Leguía y Av. General Varela	Tacna	72.7	-12.7	-2.7	7.3
21	Av. Gustavo Pinto y Ca. Lima	Tacna	75.5	-15.5	-5.5	4.5
22	Av. Miraflores y Ca. Arica	Tacna	74.9	-14.9	-4.9	5.1
23	Av. La Cultura y San Cristóbal	Tacna	72.0	-12	-2	8
24	Balneario Los Palos - Óvalo Tarapacá	Tacna	72.7	-12.7	-2.7	7.3

Figura 1: Resultado según los puntos de Medición en Tacna – Tacna.

Fuente: Organización de Evaluación y Fiscalización Ambiental – OEFA.

El crecimiento del parque automotor en el área urbana genera contaminación atmosférica por gases tóxicos. Por lo tanto, se considera a las zonas de mayor congestionamiento con Vulnerabilidad Alta, de acuerdo al estudio de inventario de emisiones elaborado por la Municipalidad Provincial de Tacna el año 2009, se tiene como fuente de contaminación atmosférica presente, las fuentes móviles – Parque Automotor y las fuentes fijas. Se tiene que las emisiones por parte de las fuentes fijas y móviles alcanzan un valor total de 1 841,77 Ton/año de emisiones estimado, siendo las fuentes móviles las que emiten el 89% (1633,33 Ton/año), y las fuentes fijas 11% (208,44 Ton/año). De las fuentes móviles, se estimó que los automóviles generan la

mayor emisión con 746,01 Ton/año (46%), seguido de los Station Wagon con 518,15 Ton/año (32%) y la camioneta rural con 248,21 Ton/año (15%), las demás categorías se encuentran en menor proporción respectivamente.

Puesto que, el tiempo en las fases de los semáforos es una de las causas del congestionamiento, se tiene como finalidad tener una óptima capacidad de las vías. El Problema radica en optimizar el ciclo semafórico en intersecciones, en especial en la intersección de la avenida Jorge Basadre Grohmann con la avenida Pinto, que es el caso con más congestión encontrada. En esta Tesis se propone un método para encontrar este sistema de control óptimo para redes viales fuertemente congestionadas. Se busca que tras la aplicación del método se pueda mejorar eficientemente los tiempos en los semáforos que permitan el paso de mayor flujo vehicular de manera flexible y bajo restricciones de los sistemas de tránsito existentes.

El área de estudios se ubica en la ciudad de Tacna y abarca la avenida Jorge Basadre Grohmann, que es una de las avenidas más concurridas y con desorden automotriz, entre las intersecciones con la Avenida Basadre y Forero – Avenida Gustavo Pinto – Avenida Gregorio Albarracín – Avenida Billinghamurst. Teniendo en cuenta que la población afectada en mayoría es la que se dirige a la Universidad Privada de Tacna, Universidad Jorge Basadre Grohmann, Institución Educativa Jorge Basadre Grohmann, Modesto Montesinos Zamalloa, Institución Educativa Privada Hermanas Barcia Boniffatti, Daniel Comboni, Cima, Corazón de María, así como también a establecimientos de hospedaje, de alimentos y bebidas y de comercio.

Intersección I: Avenida Jorge Basadre Grohmann – Avenida Basadre y Forero.



Figura 2: Vista de la intersección I.

Fuente: Elaboración propia

Intersección II: Avenida Jorge Basadre Grohmann – Avenida Gustavo Pinto



Figura 3: Vista de la intersección II.

Fuente: Elaboración propia

Intersección III: Av. Jorge Basadre Grohmann – Avenida Gregorio Albarracín

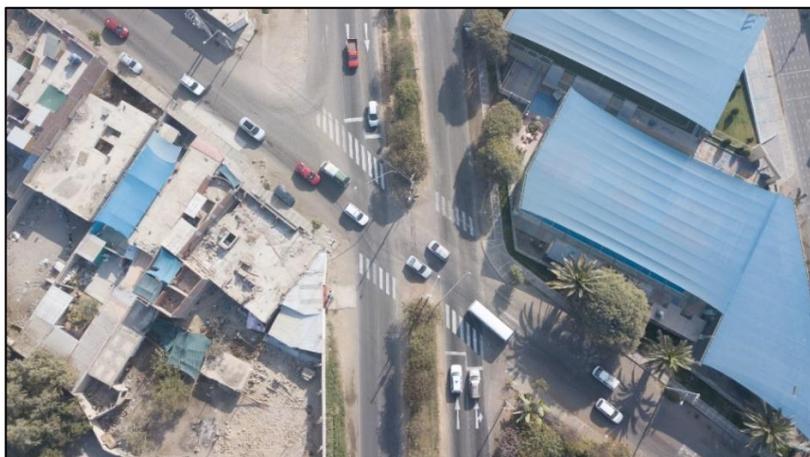


Figura 4: Vista de la intersección III.

Fuente: Elaboración propia

Intersección IV: Av. Jorge Basadre Grohmann – Avenida Billinghurst.



Figura 5: Vista de la intersección IV.

Fuente: Elaboración propia

Debido a los problemas que se presentan, se propondrán alternativas de solución para el mejorar el flujo vehicular en la zona de estudio, a partir de un análisis detallado y aplicando un software especializado para dicho fin.

1.2. Formulación del problema

Problema general

- ¿De qué manera se pueden mejorar las condiciones del flujo vehicular empleando el Software Synchro 8.0 en las intersecciones de la avenida Jorge Basadre Grohmann sur, tramo Avenida Billinghamurst - Avenida Basadre y Forero - Tacna, 2019?

Problema específico

- ¿Cuál es el incremento del parque automotor que se presenta en las intersecciones de la avenida Jorge Basadre Grohmann sur, tramo Avenida Billinghamurst - Avenida Basadre y Forero - Tacna, 2019?
- ¿Cuánto mejora la calidad del flujo vehicular, cambiando los tiempos en los semáforos empleando el Software Synchro 8.0, de las intersecciones de la avenida Jorge Basadre Grohmann sur, tramo Avenida Billinghamurst - Avenida Basadre y Forero - Tacna, 2019?
- ¿Cómo afecta el tráfico de vehículos pesados en las intersecciones de la avenida Jorge Basadre Grohmann sur, tramo Avenida Billinghamurst - Avenida Basadre y Forero - Tacna, 2019?

1.3. Justificación e importancia

Relevancia Tecnológica

El tiempo de espera en cada intersección semaforizada se torna extensa debido a los tiempos mal dispuestos, por lo que, el semáforo prohíbe el movimiento durante ciertos periodos causando que los vehículos circulen solamente durante una porción del tiempo total, ocasionando demoras continuas a lo largo del día.

Relevancia Social

La sobrepoblación y falta de planificación estratégica urbana ha dado lugar a que la vía ya no sea competente para la concurrencia de vehículos que la circulan. Esto afecta psicológicamente tanto a los pasajeros como a los conductores, produciendo pérdidas innecesarias de tiempo y accidentes de tránsito que se han visto repetidamente en los últimos años.

Relevancia Económica

Desde el punto de vista económico, definida la importancia del estudio de tráfico, se permitirá mejorar en condiciones de congestión, el tiempo de horas hombre que se pierde en el tráfico y los costos operacionales de los vehículos, especialmente el combustible, que se ven aumentados, siendo estos disminuidos al evitar dicha congestión.

Relevancia Ambiental

El congestionamiento trae consigo la contaminación atmosférica y acústica debido a los gases tóxicos que emiten los motores de los vehículos y el ruido que causan al tener una circulación muy lenta especialmente en las horas pico. Por tal razón es necesario que se cuente con registros de estudios de tráfico actualizados para realizar las modificaciones necesarias que favorezcan la adecuada circulación del parque automotor.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Mejorar las condiciones del flujo vehicular utilizando el Software Synchro 8.0 en las intersecciones de la avenida Jorge Basadre Grohmann sur, tramo Avenida Billinghamurst - Avenida Basadre y Forero - Tacna, 2019.

1.4.2. Objetivos específicos

- Identificar el incremento del parque automotor que se presenta en las intersecciones de la avenida Jorge Basadre Grohmann sur, tramo Avenida Billinghamurst - Avenida Basadre y Forero - Tacna, 2019.
- Determinar cuánto mejora la calidad del flujo vehicular cambiando los tiempos en los semáforos con el Software Synchro 8.0 en las intersecciones de la avenida Jorge Basadre Grohmann sur, tramo Avenida Billinghamurst - Avenida Basadre y Forero - Tacna, 2019.
- Analizar cómo afecta el tráfico de vehículos pesados en las intersecciones de la avenida Jorge Basadre Grohmann sur, tramo Avenida Billinghamurst - Avenida Basadre y Forero - Tacna, 2019.

1.5. Hipótesis

Hipótesis general

- El estudio de las intersecciones de la avenida Jorge Basadre Grohmann sur, tramo Avenida Billinghamurst - Avenida Basadre y Forero, permitirá identificar la problemática actual para su análisis según el estado del área de estudio, continuando con la optimización de las condiciones del flujo vehicular utilizando el Software Synchro 8.0 en - Tacna, 2019.

Hipótesis específicas

- Determinado el aforo vehicular y su análisis en el software Synchro en las intersecciones de la Avenida Jorge Basadre Grohmann sur, 2019 se presenta un nivel de servicio F.
- Realizado el análisis en el software Synchro de las intersecciones de la avenida Jorge Basadre Grohmann sur, tramo Avenida Billinghamurst - Avenida Basadre y Forero, se obtiene una mejora en el nivel de servicio al cambiar las fases de semaforización.
- La cantidad de vehículos pesados que circulan en las intersecciones de la avenida Jorge Basadre Grohmann sur, tramo Avenida Billinghamurst - Avenida Basadre y Forero - Tacna, 2019 produce una notable congestión debido a la baja velocidad con la que estos circulan.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio

ANTECEDENTES INTERNACIONALES

La tesis “El Tráfico Vehicular en la Intersección de la Avenida Atahualpa y Víctor Hugo y su Incidencia en la Calidad de Vida de los Moradores del Sector Sur de la Ciudad de Ambato”, desarrollada por Mariño Rodríguez, Ibán Herberto y Bayas Altamirano, Myriam Marisol en el año 2011 en la Universidad Técnica de Ambato – Ecuador. La tesis mencionada muestra la distribución vehicular en el sector que deriva de 8 estaciones, se identificaron las horas punto a lo largo del día, resultando para la E1 un VHMD de 324 veh/h, con su respectivo VHMD5 igual a 324 veh/h/5min y VHMD15 igual a 81 veh/h/15min. Según los resultados, el paso de los vehículos en periodos cortos es mucho más alta. La tasa de flujo vehicular es de 293 veh/h con un Q15 de 73 veh/15min, con una densidad K de 10 veh/km, con un espaciamiento promedio de 100 m/h. El volumen necesario del sector es igual a 217 veh/h, pero se tiene un excedente de 71 vehículos, con una congestión de 5.07 horas, demanda máxima que experimenta de 23 minutos, demora promedio del tránsito 13.50 minutos y una longitud promedio de la cola de 49 vehículos. (Mariño Rodríguez & Bayas Altamirano, 2011)

La tesis “Alternativas del ordenamiento vial para el mejoramiento del flujo vehicular de la calzada Raúl Aguilar Batres”, desarrollada por Chanax Matul, José Cecilio en el año 2015 en la Universidad de San Carlos de Guatemala. Chanax propone tres soluciones que pretenden resolver estas deficiencias y debilidades, las cuales son: la educación vial, la correcta y adecuada señalización tanto horizontal como vertical en todas las intersecciones de la calzada y por último la reducción de cuellos de botella en puntos específicos de la calzada Raúl Aguilar Batres, con esto se pretende minimizar la problemática antes mencionada, sin embargo se cree conveniente tener una materia específica y obligatoria de educación vial dentro del pensum de estudio de las futuras generaciones. Es importante mencionar que gran parte de la problemática que se tiene actualmente en el lugar, es por el aumento de población y la falta de una adecuada planificación

de viviendas, por ende, surge la necesidad de trasladarse de un lugar a otro, esto hace que se aumente el parque vehicular en zonas aledañas y municipios del sector. Por tal motivo se plantea una solución más compleja, completa, con una inversión mucho mayor a las anteriores y con un tiempo más prolongado de obtener resultados positivos para el desfogue vehicular en la calzada Raúl Aguilar Batres, esta solución es la creación y construcción de un distribuidor vial, con el objetivo de disminuir todo el tráfico vehicular que viene del Pacífico de modo que no ingrese por la calzada, si no dirigirse hacia la avenida Petapa; se obtendrán resultados muy buenos y esperanzadores para el tránsito sobre el lugar. La inversión para el distribuidor vial propuesto en la sección 4,4 tiene un costo aproximado de Q 76 999 680,00 si se toma en cuenta el consumo extra de combustible ubicado específicamente en la 36 calle de la calzada Raúl Aguilar Batres, esta inversión se podrá recuperar en 40,61 años. Entonces teniendo en consideración este punto, el usuario será beneficiado porque podrá obtener un ahorro para su economía, minimizar su tiempo de recorrido o de viaje y reducir el estrés provocado por el tráfico vehicular en la vía. (Chanax Matul, 2015)

ANTECEDENTES NACIONALES

La tesis “Optimización del ciclo semafórico en intersecciones congestionadas a nivel microscópico”, desarrollada por Jeri Godoy, Guido Benjamín en el año 2015 en la Universidad Nacional de Ingeniería de Perú. Jeri dio a conocer que los semáforos de la ciudad de Ayacucho no están sincronizados entre sí por ello ocasionan una gran pérdida de tiempo por parte de los conductores y los peatones. El tramo que estudió Jeri concibe cinco cuadras con siete intersecciones, en la cual se puede observar que existen semáforos en cinco de las siete intersecciones, lo cual apunta que está de sobra alguna de ellas, por lo que se optimizará. Por otra parte, también exponen problemas entre automóviles en los giros a la izquierda de la intersección, así mismo se aprecia conflictos e interrupciones en el paso de los transeúntes y los comerciantes ambulantes que estacionan sus carretillas de venta en la acera, forzando a los peatones a desviarse, haciendo uso de la pista y exponiendo en peligro su integridad. (Jeri Godoy, 2015)

La tesis “Nivel de serviciabilidad en las avenidas; Atahualpa, Juan XXIII, Independencia, de los Héroes y San Martín de la ciudad de Cajamarca”, desarrollada por Angaspilco Chinguel, Cristhian Roberto, en el año 2014 en la Universidad Nacional de Cajamarca de Perú. En la tesis se reportó que cuando realizó el aforo vehicular concluyó que los vehículos que prevalece más son los mototaxis. En la Avenida de los Héroes se tiene una influencia de 47.4% y 51.9% en los dos sentidos, en la Avenida Independencia se tiene un 63.9%, en la Avenida Atahualpa hallaron un 38.4% y se obtuvo un 35.9% en ambos sentidos, en la Avenida San Martín un 49.5% y en la Avenida Juan XXIII se contabilizó un 40% y 60.8% en ambos sentidos. Con los datos dados se puede concluir que esta clase de vehículo se incrementó de forma excesiva al parque automotor de Cajamarca en los últimos años. Un dato muy interesante y cautivador que confirma dicha deducción los mototaxis en el año 2007 era de 1511 unidades (SATCAJ) y la flota autorizada a la actualidad es de 4161 unidades. (Angaspilco Chinguel, 2014)

La tesis “Solución vial de la av. primavera comprendida entre las avenidas la encalada y José Nicolás Rodrigo, Lima-Lima-Surco”, desarrollada por Núñez Castillo, Christian Gonzalo y Villanueva Troncoso, César, en el año 2015 en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas de Perú. En la presente tesis se reporta que 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. (Núñez Castillo & Villanueva Troncoso, 2015)

ANTECEDENTES LOCALES

La tesis “Optimización del flujo vehicular en la intersección vial de la Av. Gustavo Pinto con la Av. Industrial de la ciudad de Tacna - Tacna”, desarrollada por Ortiz Lanchipa, Eduardo Manuel y Veliz Cabrera, Ana Lucía, en el año 2018 en la Universidad Privada de Tacna - Perú. Se da a conocer que el nivel de servicio de la intersección estudiada era muy malo (F) ya que los tiempos de semaforización eran muy deficientes y ocasionaban a los vehículos retrasos para llegar a su destino generando saturación. En la realización del aforo vehicular, se pudo observar que los accesos no contaban con una buena señalización horizontal, con lo cual se evaluó el comportamiento del tráfico vehicular mostrando en dicha intersección un alto flujo vehicular. Obtuvieron tres alternativas de solución para optimizar el nivel de servicio en la intersección vial de la Av. Gustavo Pinto y la Av. Industrial, siendo la opción de menor costo la solución 1 pero con un nivel de servicio de C, las soluciones 2 y 3 muestran un mejor nivel de servicio, pero el costo para realizarlas es mucho mayor. (Ortiz Lanchipa & Veliz Cabrera, 2018)

La tesis “Optimización del flujo vehicular en la Intersección vial de la Av. Bolognesi y la Av. Gustavo Pinto en la ciudad de Tacna”, desarrollada por Urbina Cantuta, Carla Maricela y Torres Flores, Alexa Johana, en el año 2018 en la Universidad Privada de Tacna - Perú. Se da a conocer que la intersección de la Av. Bolognesi con Av. Gustavo Pinto presentó un nivel de servicio F, el cual no es el adecuado, ya que reveló demoras altísimas en el paso de los vehículos por la intersección, generando retrasos de viaje, extensos tiempos de espera y colas, para ello propusieron tres alternativas de solución para mejorar el comportamiento de tráfico vehicular, la primera mejora es paso a desnivel en la avenida Bolognesi acceso Suroeste y Noroeste que va por debajo de la alameda y aumento de carriles y aumento de carriles, la segunda mejora se trata del cambio de distribución de 4 fases a 2 fases de los semáforos ya que es cuestión de programación técnica de los semáforos, esto lleva a que el ciclo de semaforización disminuya a la mitad del tiempo, de 80 segundos a 40 segundos, produciendo así menos colas en cada acceso. 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 avenida Gustavo Pinto tanto en el acceso Suroeste y Noroeste, también en la avenida Bolognesi en el acceso Suroeste eliminar el

estacionamiento para ampliar la longitud del tercer carril. (Urbina Cantuta & Torres Flores, 2018)

2.2. Bases teóricas

2.2.1. FLUJO VEHICULAR

2.2.1.1. ESTUDIO DE TRÁFICO

A. FLUJO DE TRÁNSITO

El Manual de Capacidad de Carreteras (HCM) define las infraestructuras en dos categorías:

✓ **Circulación continua**

Las estructuras para circulación continua no tienen elementos fijos externos al flujo de tráfico, tales como semáforos, que produzcan interrupciones en el mismo. Las condiciones de la circulación son el resultado de las interacciones entre los vehículos, y entre estos y las características geométricas y ambientales de la vía.

✓ **Circulación discontinua**

Las infraestructuras concebidas para la circulación discontinua tienen elementos fijos que producen interrupciones periódicas en la circulación vial. Los semáforos, señales de stop, y otros tipos de regulación son algunos de estos elementos. Estos equipos obligan a parar (o al menos a reducir la velocidad significativamente) a la circulación independientemente de la cantidad de tráfico existente.

B. SISTEMA VIAL URBANO

Clasificación del sistema vial urbano, según el Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas, 2005.

Vías expresas

Las vías expresas establecen la relación entre el sistema interurbano y el sistema vial urbano, sirven principalmente para el tránsito de paso (origen y destino distantes entre sí). Unen zonas de elevada generación de tráfico transportando grandes volúmenes de vehículos, con circulación a alta velocidad y bajas condiciones de accesibilidad. Sirven para viajes largos entre grandes

áreas de vivienda y concentraciones industriales, comerciales y el área central.

Vías arteriales

Las vías arteriales permiten el tránsito vehicular, con media o alta fluidez, baja accesibilidad y relativa integración con el uso del suelo colindante. Estas vías deben ser integradas dentro del sistema de vías expresas y permitir una buena distribución y repartición del tráfico a las vías colectoras y locales. El estacionamiento y descarga de mercancías está prohibido. El término Vía Arterial no equivale al de Avenida, sin embargo, muchas vías arteriales han recibido genéricamente la denominación de tales.

Vías colectoras

Las vías colectoras sirven para llevar el tránsito de las vías locales a las arteriales y en algunos casos a las vías expresas cuando no es posible hacerlo por intermedio de las vías arteriales. Dan servicio tanto al tránsito de paso, como hacia las propiedades adyacentes. Pueden ser colectoras distritales o interdistritales, correspondiendo esta clasificación a las Autoridades Municipalidades, de la cual se derivan, entre otros, parámetros para establecer la competencia de dichas autoridades. Este tipo de vías, han recibido muchas veces el nombre genérico de Jirón, Vía Parque, e inclusive Avenida.

Vías locales

Son aquellas 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 semipesados; se permite estacionamiento vehicular y existe tránsito peatonal irrestricto. Las vías locales se conectan entre ellas y con las vías colectoras.

Este tipo de vías han recibido el nombre genérico de calles y pasajes.

C. CLASIFICACION VEHICULAR

Según el Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas.

Tabla 1: Clasificación Vehicular

Vehículos por tracción de sangre		Vehículos impulsados por tracción animal	Aquellos cuya propulsión proviene de bestias de tiro.
		Bicicletas o similares	Aquellos cuya propulsión proviene del ser humano tales como bicicletas, triciclos, patines, carros de mano y carretillas.
Vehículos automotores	Menores	Vehículos Menores Automotores	Vehículo provisto de dos, tres o cuatro ruedas, provistos de asiento y/o montura para el uso de conductor y pasajeros según sea el caso, tales como: bicimotos, motonetas, motocicletas, triciclos motorizados, cuatrimotos y similares
	Mayores	Furgoneta	Vehículo automotor para el transporte de carga liviana, con 3 ó 4 ruedas, con motor de no más de 500 centímetros cúbicos de cilindrada.
		Automóvil	Vehículo automotor para el transporte de personas, normalmente hasta de 6 asientos y excepcionalmente hasta 9 asientos.
		Station Wagon	Vehículo automotor derivado del automóvil que al rebatir los asientos posteriores permite ser utilizado para el transporte de carga.
		Camioneta Pick Up	Vehículo automotor de cabina simple o doble, con caja posterior, destinada para el transporte de carga liviana y con un peso bruto vehicular que no excede los 4,000 Kg.
		Camioneta Panel	Vehículo automotor con carrocería cerrada para el transporte de carga liviana, con un peso bruto vehicular que no excede los 4,000 Kg.
		Camioneta Rural	Vehículo automotor para el transporte de personas de hasta 16 asientos y cuyo peso bruto vehicular que no excede los 4,000 Kg.
		Ómnibus	Vehículo automotor para el transporte de personas de más de 16 asientos, y cuyo peso bruto vehicular exceda los 4,000 Kg.
		Camión	Vehículo autopropulsado motorizado destinado al transporte de bienes con un peso bruto vehicular igual o mayor a 4,000 Kg. Puede incluir una carrocería portante.
		Remolcador o Tracto Camión	Vehículo motorizado diseñado para remolcar semiremolques y soportar la carga que le transmiten estos a través de la quinta rueda.
		Remolque	Vehículo sin motor diseñado para ser halado por un camión u otro vehículo motorizado, de tal forma que ninguna parte de su peso descansa sobre el vehículo remolcador.
		Semirremolque	Vehículo sin motor y sin eje delantero, que se apoya en el remolcador transmitiéndole parte de su peso, mediante un sistema mecánico denominado tornamesa o quinta rueda.
Vehículos Especiales		Aquellos que pueden afectar sensiblemente al tráfico a causa de sus grandes dimensiones, de su lentitud de movimiento, o de ambas cosas a la vez. Se incluyen	

los tractores agrícolas con o sin remolque, los vehículos gigantes de transporte y la maquinaria de construcción, entre otros.

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas, 2005

D. SEMAFORIZACIÓN

CLASIFICACIÓN DE SEMÁFOROS

La siguiente clasificación se basa en los mecanismos de su operación y forma de control, según el Manual de Dispositivos de Control del Ministerio de Transportes y Comunicaciones:

a. Semáforos para vehículos

- ✓ Semáforos fijos o pre sincronizados: Son aquellos que cuentan con una programación de intervalos y secuencia de fases preestablecidos no accionados por el tránsito vehicular. El programa que rige sus características de operación tales como duración del ciclo, desfase, y otros, pueden ser modificados.
- ✓ Semáforos sincronizados por el tránsito: Son aquellos cuyo funcionamiento es sincronizado en todos los accesos a una intersección, en función a las demandas del flujo vehicular y disponen de medios (detectores de vehículos y/o peatones) para ser accionados por éste.
- ✓ Semáforos adaptados al tránsito: Denominados también Semáforos Inteligentes, son aquellos cuyo funcionamiento es ajustado continua y automáticamente en todos los accesos a una intersección, de acuerdo a la información sobre el flujo vehicular que colectan los detectores de tráfico y envían la información sobre la secuencia de fases, intervalos de fases, ciclos y/o desfases, a una Estación Central o Control Maestro.

b. Semáforos para peatones

Tienen por finalidad controlar los pasos peatonales, de tal forma que el peatón tenga tiempo suficiente para pasar una vía a través de un cruce peatonal. Con tal finalidad los lugares donde se instalen semáforos

peatonales, deben complementarse con la respectiva demarcación en el pavimento. También la implementación de semáforos con dispositivos sonoros, facilita el uso de la infraestructura existente a personas con limitación visual.

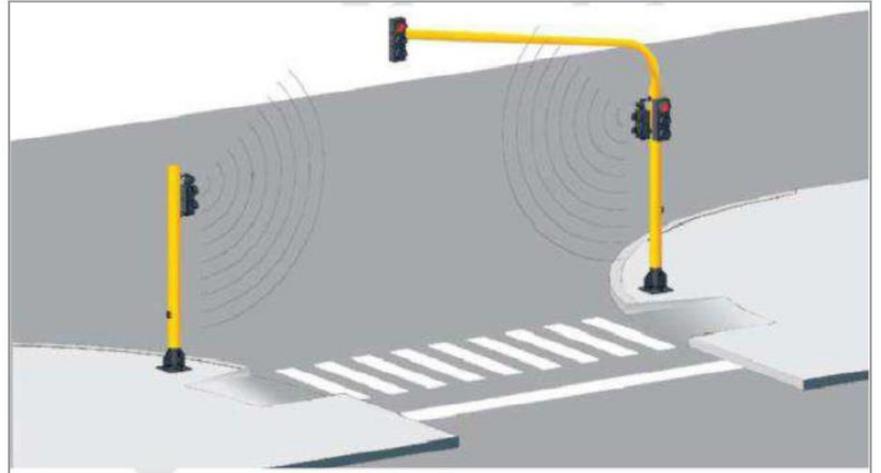


Figura 6: Semáforo peatonal donde se indica la localización de las ondas sonoras.

Fuente: (Manual de Dispositivos de Control - MTC, 2016, pág. 386)

c. Semáforos especiales

Su instalación tiene por finalidad normar y controlar las siguientes situaciones singulares o especiales.

- ✓ Para indicar obstrucciones que existan en la superficie de rodamiento o inmediatamente adyacente a ella.
- ✓ Como complemento anticipado junto con señales preventivas.
- ✓ Para advertir el cruce de peatones a mitad de cuadra.
- ✓ En intersecciones donde se requiere cruzar con precaución.
- ✓ Como complemento a las señales reglamentarias de "PARE" (luz roja intermitente) o "CEDA PASO" (luz amarilla intermitente).

CÁLCULO DE LOS TIEMPOS DEL SEMÁFORO

Para obtener un mínimo de demoras, cada fase debe incluir el mayor número posible de movimientos simultáneos. Así se logrará admitir un mayor volumen de vehículos en la intersección. La distribución de los tiempos en cada fase debe estar en relación directa con los volúmenes de tránsito de los movimientos correspondientes.

A continuación, se muestra una intersección de cuatro accesos operada con un semáforo de dos fases. En ella se observa en forma esquemática los conceptos de longitud de ciclo, intervalos y fases. Una fase consta de un intervalo amarillo, uno todo rojo y uno verde. (Cal y Mayor & Cardenas Grisales, 2007)

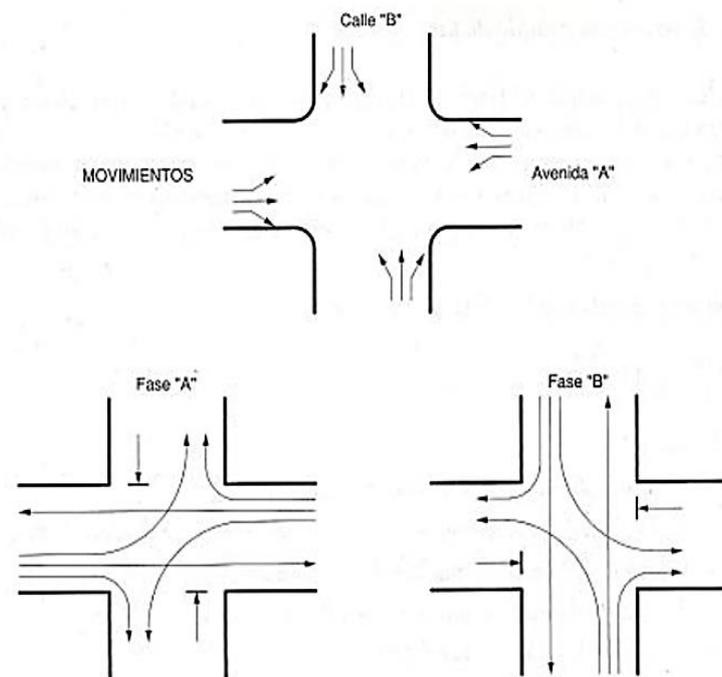


Figura 7: Fases y diagrama de fases de una intersección con semáforos.

Fuente: Cal y Mayor & Cárdenas, 2007

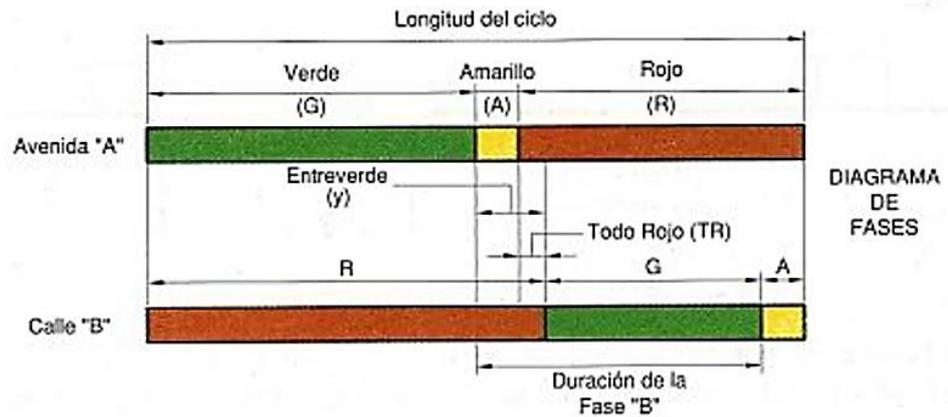


Figura 8: Longitud de ciclo.
 Fuente: Cal y Mayor & Cárdenas, 2007

Dentro de los elementos a tener en cuenta en el cálculo de los tiempos del semáforo y su reparto en las diferentes fases son:

a. Intervalo de cambio de fase o Tiempo de entre verde

La función del intervalo de cambio de fase, es la de alertar a los usuarios de un cambio en la asignación del derecho al uso de la intersección del derecho al uso de la intersección. Para calcular el intervalo de cambio de fase, que considere el tiempo de reacción del conductor, tiempo y espacio de deceleración y el tiempo necesario de despeje de la intersección, de acuerdo a la figura 9.

Se determina utilizando la siguiente expresión:

Intervalo de cambio de fase = Amarillo + Todo rojo

$$y = A + T_R = \left(t + \frac{v}{2a} \right) + \left(\frac{W+L}{v} \right) \dots \dots \dots (1)$$

Donde:

y = intervalo de cambio de fase, amarillo más todo rojo (s)

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

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

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

W = ancho de la intersección (m)

L = longitud del vehículo (valor típico 6.10 m)

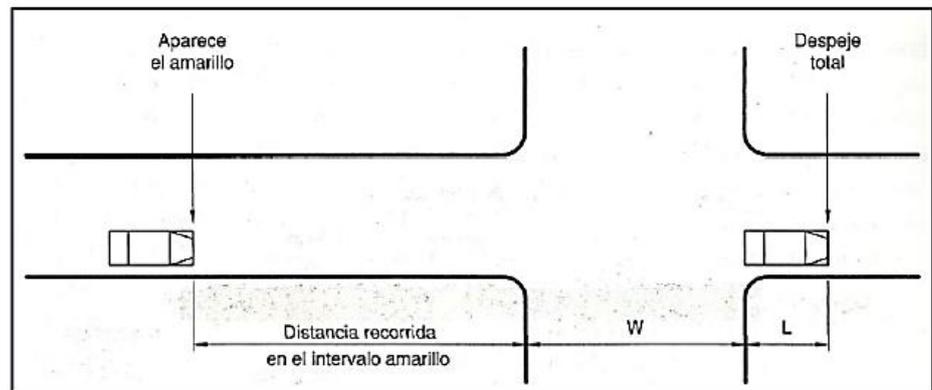


Figura 9: Intervalo de cambio de fase.

Fuente: Cal y Mayor & Cárdenas, 2007

b. Longitud del ciclo

F. V Webster con base en observaciones de campo y simulación de un amplio rango de condiciones de tránsito, demostró que la demora mínima de todos los vehículos en una intersección con semáforo, se puede obtener para una longitud de ciclo óptimo de:

$$C_o = \frac{1.5L+5}{1-\sum_{i=1}^{\Phi} Y_i} \dots \dots \dots (2)$$

$$Y_i = \frac{q_{ADE}}{S} \dots \dots \dots (3)$$

Donde:

C_o = tiempo óptimo de ciclo (s)

L = tiempo total perdido por ciclo (s)

Y_i = máximo valor de la relación entre el flujo actual y el flujo de saturación

para el acceso o movimiento o carril crítico de la fase i (tasa de ocupación)

Φ = número de fases

$qADE$ = Flujos directos equivalentes por movimiento o carril o acceso.

S = Flujo de saturación por grupo de carril o carril o acceso.

c. Vehículos equivalentes

La presencia de vehículos pesados (camiones y buses) en una intersección y los movimientos hacia la izquierda y hacia la derecha, hacen necesario la presencia de factores de equivalencia.

El factor de ajuste por efecto de vehículos pesados, se calcula con la siguiente expresión:

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)} \dots \dots \dots (4)$$

Donde:

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

P_T = Porcentaje de camiones en la corriente vehicular

P_R = Porcentaje de vehículos recreativos en la corriente vehicular

E_T = Factor de automóviles equivalentes a un camión

E_R = Factor de automóviles equivalentes a un vehículo recreativo.

Los vehículos pesados o comerciales (camiones y autobuses), por su mayor longitud y menor poder de aceleración que los automóviles, necesitan más tiempo para despejar la intersección. Los automóviles equivalentes comúnmente utilizados tanto para camiones, E_T , como para autobuses, E_R , varían de 1.4 a 1.6, tomándose un valor medio de 1.5.

Por otra parte, se requiere tener factores por movimientos de vuelta, puesto que en estas maniobras los

vehículos generalmente consumen mayor tiempo que los vehículos que siguen de frente. Estos factores, E_V , que se utilizan para convertir automóviles que dan vuelta, a automóviles equivalentes que no la dan, varían de 1.4 a 1.6 para vueltas hacia la izquierda y de 1.0 a 1.4 para vueltas hacia la derecha.

Los factores E_T y E_R se obtiene del cuadro siguiente:

Tabla 2: Factores de ajuste por presencia de vehículos pesados.

PASSENGER-CAR EQUIVALENTS TRUCKS AND BUSES AND RVs IN GENERAL TERRAIN SEGMENTS			
Factor	Type of terrain		
	Level	Rolling	Mountainous
Trucks and buses, E_T	1.5	2.5	4.5
RVs, E_R	1.2	2.0	4.0

Fuente: TRB,2010

Igualmente, los volúmenes horarios de máxima demanda, VHMD, deben ser convertidos a tasa de flujo, q , a través del factor de la hora de máxima demanda, FHMD, para el cual, en casos de proyecto y diseño de planes de tiempos del semáforo, se sugiere un valor de 0.95.

De esta manera, los volúmenes horarios mixtos, VHMD, se convierten a flujos automóviles directos, que no dan vuelta, equivalentes por hora, q_{ADE} , mediante la siguiente expresión.

$$q_{ADE} = \frac{VHMD}{FHMD} \left(\frac{1}{f_{VP}} \right) (E_V) \dots\dots\dots(5)$$

d. Flujo de saturación (s) y tiempo total perdido (L)

Cuando el semáforo cambia a verde, el paso de los vehículos que cruzan la línea de ALTO se incrementa rápidamente a una tasa llamada flujo de saturación (s), la cual permanece constante hasta que la fila de vehículos se disipa o hasta que termine el verde. El flujo de saturación es la tasa máxima de vehículos que cruzan la línea, que puede ser obtenida, cuando existen filas y éstas aún persisten hasta el final del periodo verde. En este caso, se tiene un período de verde completamente saturado. (Baeza & Martínez, 2012, pág. 35)

Por otra parte, el tiempo total perdido por ciclo, es la suma de los tiempos perdidos por fase (amarillo y todo rojo), que está representada mediante:

$$L = \sum_{i=1}^{\phi} (A_i + TR_i) \dots \dots \dots (5)$$

e. Asignaciones de tiempos verdes

✓ Tiempo verde efectivo

Para (Cal y Mayor & Cárdenas, 2007, pág. 454), el tiempo verde efectivo total g_T , disponible por ciclo para todos los accesos de la intersección, está dado por:

$$g_T = C - L = C - \left[\sum_{i=1}^{\phi} (A_i + TR_i) \right] \dots \dots \dots (6)$$

Donde:

g_T = tiempo verde efectivo total por ciclo disponible para todos los accesos

C = longitud actual del ciclo (redondeando C_0 a los 5 segundos más cercanos)

✓ Asignaciones de tiempo verde por cada fase

Para obtener una demora total mínima en la intersección, el tiempo verde efectivo total g_T debe

distribuirse entre las diferentes fases en proporción a sus valores de Y_i , así:

$$g_i = \frac{Y_i}{\sum_{i=1}^{\phi} Y_i} (g_T) = \frac{Y_i}{Y_1 + Y_2 + \dots + Y_{\phi}} (g_T) \dots\dots\dots(7)$$

Recuérdese que Y_i es el valor máximo de la relación entre el flujo actual y el flujo de saturación, para el acceso o movimiento o carril crítico de cada fase i .

✓ **Tiempo de luz roja por fase**

Una vez conocido la longitud de ciclo, tiempo de luz ámbar, todo rojo y verde efectivo; el tiempo de la luz roja se determina como sigue:

$$R = C - A_i - TR - V_i \dots\dots\dots(8)$$

2.2.1.2. ANÁLISIS DE DATOS

A. FLUJO VEHICULAR

a. Aforo Vehicular

✓ **Volumen horario de máxima demanda (VHMD)**

Es el máximo número de vehículos que pasan por un punto o sección de un carril o de una calzada durante 60 minutos consecutivos. Es el representativo de los períodos de máxima demanda que se pueden presentar durante un día en particular.

✓ **Factor horario de máxima demanda (FHMD)**

Se llama factor de la hora de máxima demanda, FHMD, a la relación entre el volumen horario de máxima demanda, VHMD, y el flujo máximo, q_{max} , que se presenta durante un período dado dentro de dicha hora. Matemáticamente se expresa como:

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

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)

Es el máximo volumen de vehículos que pudiera entrar en una intersección semaforizada por un carril o grupo de carriles del mismo, si el semáforo estuviese indicando verde. Conocer el flujo de saturación es de fundamental importancia para el buen desempeño del control semafórico. El flujo de saturación es un parámetro básico para la determinación de los tiempos semafóricos y todos los cálculos del desempeño de intersecciones semaforizadas (capacidad, longitud de fila, demora media por vehículo, número de paradas) presuponen el conocimiento de este parámetro.

El flujo de saturación depende de las características del tráfico, geometría de la vía, condiciones topográficas, condiciones meteorológicas y de los conductores, entre otras. Se tiene dos clases de flujo de saturación:

- Flujo de Saturación Básico (S_0): cantidad de vehículos que pueden ser descargados desde una cola durante el tiempo de verde de ese acceso, compuesta solo por automóviles y que siguen directo en la intersección. Unidad de medida [1900 vehículos livianos/h verde - carril]

- Flujo de Saturación Real (S): Es conocida como la máxima cantidad de vehículos que pueden ser descargados desde una cola, compuesta por cualquier tipo de vehículo y que hace cualquier tipo

de movimiento en la intersección. Unidad de medida [vehículos /h] o [vehículos /h - carril].

El valor de flujo de saturación ajustado se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$S = S_0 \cdot f_w \cdot f_{HV} \cdot f_g \cdot f_p \cdot f_{bb} \cdot f_a \cdot f_{LU} \cdot f_{LT} \cdot f_{RT} \cdot f_{Lpb} \cdot f_{Rpb}$$

Donde:

S = flujo de saturación real del grupo de carriles (veh/hora de verde).

S₀ = flujo de saturación básico por carril (veh/h/carril)

f_w = factor de ajuste por ancho de carriles.

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

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 por ajuste de giros a la izquierda.

f_{RT} = factor por ajuste de giros a la derecha.

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

f_{Rpb} = factor de ajuste para ciclistas que giran a la derecha.

b. Índice Medio Diario (IMD)

El tráfico medio diario no viene a ser otra cosa que el número total de vehículos que pasan durante un periodo dado (en días completos) igual o menor de un año, dividido entre el número de días del periodo. Resultados obtenidos a partir de los datos obtenidos en los conteos y clasificación vehicular en campo, se procedió a analizar la consistencia de la misma. En el siguiente cuadro se resumen los recuentos de tráfico y la clasificación diaria para cada sentido y total en ambos sentidos.

2.2.2. NIVEL DE SERVICIO

El nivel de servicio en intersecciones reguladas por semáforos se define en términos de demora. La demora consiste en una medida de la molestia, la frustración, el consumo de combustible y el tiempo de viaje perdido por el conductor. Específicamente los criterios de nivel de servicio se establecen en términos de la demora media de parada por vehículo para un periodo de análisis de 15-min. La tabla 3 muestra estos criterios.

La demora puede medirse directamente en la calle o bien ser estimada utilizando los procedimientos señalados en este capítulo. La demora es una medida compleja y depende de una serie de variables que incluyen la calidad de la progresión, la duración del ciclo, la relación de verde y la relación I/c para el grupo de carriles o acceso en cuestión.

2.2.2.1. EVALUACIÓN SEGÚN CATEGORÍAS

El *nivel de servicio A* describe las operaciones cuando existe muy poca demora, es decir, inferior a 5,0 segundos por vehículo. Esto ocurre cuando el avance es extremadamente favorable y la mayoría de los vehículos llegan durante la fase de verde. La mayoría de los vehículos no se detienen para nada. Los ciclos de corta duración también pueden contribuir a que la demora sea corta.

El **nivel de servicio B** describe aquellas operaciones cuya demora figura dentro de la gama de 5,1 a 15,0 segundos por vehículo. Esto ocurre generalmente con una buena progresión y con ciclos cortos. Se detienen más vehículos que con el nivel A dando lugar a una mayor demora media.

El **nivel de servicio C** describe aquellas operaciones cuya demora fluctúa entre 15,1 y 25,0 segundos por vehículo. Estas demoras más prolongadas pueden ser debidas a una progresión de calidad regular y/o a ciclos más prolongados. En este nivel es posible que se empiece a producir falta de capacidad en algún ciclo individualizado. En este nivel el número de vehículos que se detiene es significativo, aunque muchos atraviesan todavía la intersección sin detenerse.

El **nivel de servicio D** describe aquellas operaciones para las que la demora fluctúa entre 25,1 y 40,0 segundos por vehículo. En el nivel D la influencia de la congestión se hace más notable. Se pueden producir demoras más prolongadas debido a alguna combinación de progresión, duraciones de ciclo prolongadas, o altas relaciones I/c. Muchos vehículos se detienen y la proporción de vehículos que no se detienen disminuye. Las faltas de capacidad en ciclos individuales son notorias.

El **nivel de servicio E** describe aquellas operaciones cuya demora se encuentra comprendida dentro del rango de 40,1 a 60,0 segundos por vehículo. Esto se considera el límite de demora aceptable. Estos altos valores de demora generalmente indican un avance lento, largas duraciones de ciclo y altas relaciones I/c. Se presenta con frecuencia una insuficiencia de ciertos ciclos individuales.

El **nivel de servicio F** describe aquellas operaciones cuya demora supera los 60,0 segundos por vehículo. Este nivel se considera inaceptable por la mayoría de los conductores. Esta condición se suele presentar cuando hay una sobresaturación, es decir, cuando las intensidades de circulación de llegada superan la capacidad de la intersección.

Esto también puede ocurrir con relaciones I/c altas, inferiores a 1,00, y muchos ciclos insuficientes. Una deficiente progresión y duraciones de ciclo prolongadas pueden ser asimismo las causas fundamentales de unos niveles de demora tan elevados.

Tabla 3: Criterios de Nivel de Servicio para Intersecciones Reguladas por Semáforos.

NIVEL DE SERVICIO	DEMORA POR PARADA POR VEHICULO (SG)
A	$\leq 5,0$
B	5,1 a 15,0
C	15,1 a 25,0
D	25,1 a 40,0
E	40,1 a 60,0
F	$> 60,0$

Fuente: Manual de Capacidad de Carreteras

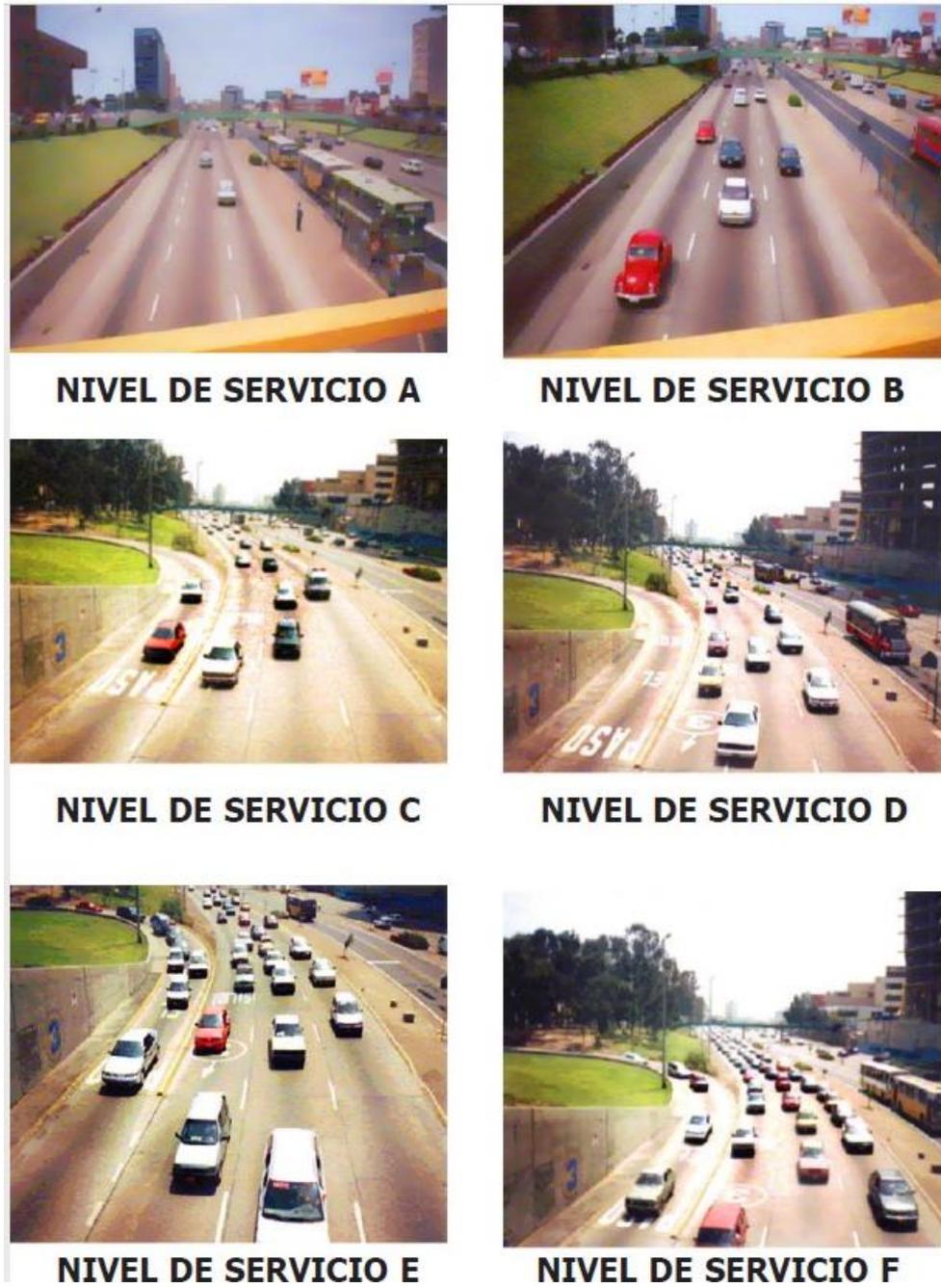


Figura 10: Niveles de servicio

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Vías.

2.2.1.1. PROGRAMA SYNCHRO TRAFFIC V8.0.

Según el Manual básico del Programa Synchro Studio 8 (2011), Synchro es un programa completo para modelar, optimizar, administrar y representar el tráfico de la zona en estudio. Synchro analiza y 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 y optimización de tiempo.

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

PLANTILLA 1: LANE SETTINGS

Flujo Saturado Ideal (S_0) (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 una población mayor a 250,000.00 habitantes a más,

Factor de ajuste por pendiente de acceso (f_g):

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

$$f_g = 1 - \%G/200$$

Dónde:

$\%G$ = Porcentaje de pendiente del acceso

Consideraciones:

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

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. C

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: $f_{LT}=1-1+0.05P_{LT}$

Dónde:

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

PLANTILLA 2: VOLUME SETTINGS

Factor de ajuste por vehículos pesados (*fhv*) (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:

$$f_{HV} = 100(100 + \%H(ET - 1))$$

Dónde:

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

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

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:

- ✓ **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.
- ✓ **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.
- ✓ **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.
- ✓ **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.

- ✓ **NA:** Sin fase seleccionada. Los giros a la izquierda están prohibidos.
- ✓ **Personalizado:** Se selecciona una combinación de fase de giro a la izquierda o derecha no estándar.
- ✓ **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.
- ✓ **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.
- ✓ **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.
- ✓ **Libre:** Un movimiento de giro a la derecha libre rinde a los peatones y no se le asigna una fase de señal.

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 señalado 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: $Q=(gC)$

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)

gC = 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. $X = vS * gC$

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):

$$d = d1 * PF + d2 + d3$$

Dónde:

d = Demora media por acceso (segundo/vehículos)

$d1$ = Demora uniforme (segundo/vehículos)

$d2$ = Demora incremental (segundo/vehículos)

$d3$ = Demora inicial (segundo/vehículos)

PF = Factor de ajuste de progresión

2.3. Definición de términos

- **Volumen:** Es el número de vehículos que pasan por un punto durante un tiempo específico. (Cal y Mayor & Cardenas Grisales, 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 & Cardenas Grisales, 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 & Cardenas Grisales, 2007)
- **Capacidad:** Se define como la capacidad de una vía a la máxima intensidad horaria de personas o vehículos que tienen una probabilidad razonable de atravesar un perfil transversal o tramo uniforme de un carril o calzada durante un periodo definido de tiempo bajo las condiciones prevalecientes de la plataforma, el tráfico y los sistemas de regulación. El periodo de tiempo utilizado en la mayoría de los análisis de capacidad es de 15 min, debido a que se considera que este es el intervalo más corto para el que puede presentarse una circulación estable. (HCM, 2010)
- **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 & Cardenas Grisales, 2007)
- **HCM 2010:** Highway Capacity Manual (HCM, 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. (Traffic Signal Software - User Guide, 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 & Cardenas Grisales, 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 & Cardenas Grisales, 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 & Cardenas Grisales, 2007)
- **Ciclo semafórico:** Es el tiempo necesario para que el indicador del semáforo efectúe una revolución completa. (Cal y Mayor & Cardenas Grisales, 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 & Cardenas Grisales, 2007)

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y diseño de la investigación

3.1.1. Tipo de investigación

Básica de enfoque cuantitativa.

3.1.2. Diseño de investigación

Descriptivo - exploratoria.

3.2. Población y/o muestra de estudio

3.2.1. Población

La población está constituida por todos los vehículos ligeros como autos, station wagon, camionetas y micros; y vehículos pesados como buses, camiones, semi trayler y trayler, que circulan en las intersecciones de la avenida Jorge Basadre Grohmann sur, tramo avenida Billinghamurst - avenida Basadre y Forero - Tacna, 2019.

3.2.2. Muestra

Se considera como muestra a la cantidad de flujo vehicular según su clasificación, como vehículos ligeros y pesados, obtenida en los periodos de 7:00 a 9:00, 12:00 a 14:00 y 18:00 a 20:00 horas, que circulan en las intersecciones de la avenida Jorge Basadre Grohmann sur, tramo avenida Billinghamurst - avenida Basadre y Forero - Tacna, 2019, en las horas punta según los resultados obtenidos.

3.3. Operacionalización de variables

En la tabla 4, se indica la operacionalización de las variables, contemplando los siguientes aspectos: variables, definición, dimensiones e indicadores.

Tabla 4: Matriz de operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN	DIMENSIONES	INDICADOR
VARIABLE INDEPENDIENTE FLUJO VEHICULAR	Mediante el análisis del flujo vehicular se entiende el comportamiento y las características del tránsito, el análisis del flujo vehicular describe la manera y forma como circulan el parque automotriz en cualquier tipo de vialidad, el cual permite concretar el nivel de eficiencia de la operación. (Mozo, 2012)	ESTUDIO DE TRÁFICO	Flujo de tránsito
			Sistema vial urbano
			Clasificación vehicular
			Semaforización
		ANÁLISIS DE DATOS	Flujo vehicular (aforo vehicular)
VARIABLE DEPENDIENTE NIVEL DE SERVICIO	El nivel de servicio es una medida cualitativa que describe el tiempo de recorrido y la velocidad, la comodidad, seguridad vial, y la libertad de hacer maniobras. Los agentes que perjudican el nivel de servicio corresponden a los movimientos de entrecruzamiento, anchura de los carriles, las pendientes, etc. El Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC) estableció seis niveles de servicio que indican del mejor a peor: A, B, C, D, E, F lo cual definen la circulación continua o discontinua. (Mozo, 2012)	EVALUACIÓN SEGÚN CATEGORÍAS	
			A
			B
			C
			D
			E
		F	
		ALTERNATIVAS DE SOLUCION	Tiempo de semaforización
			Modificación de carriles
			Desvío de vehículos pesados

Fuente: Elaboración propia

3.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

3.4.1. Descripción de las intersecciones de estudio

3.4.1.1. Intersección I: Avenida Jorge Basadre Grohmann cruce con Avenida Basadre y Forero

La Avenida Jorge Basadre Grohmann y la Avenida Basadre y Forero son vías arteriales que se encuentran bajo la jurisdicción de la Municipalidad Provincial de Tacna. La Av. Jorge Basadre cuenta con 4 carriles (2 en cada sentido), una berma central arborizada y la Av. Basadre y Forero presenta 2 carriles (1 en cada sentido).

En el área de estudio se encuentra la Universidad Privada de Tacna, la Institución Educativa Jorge Basadre Grohmann y diversos comercios que producen la gran cantidad de tránsito de vehículos en la vía.



Figura 11: Intersección I - Av. Jorge Basadre Grohmann cruce con Basadre y Forero.

Fuente: Elaboración propia adaptado del Google Earth.

La intersección vial cuenta con cuatro accesos, que se muestran a continuación:

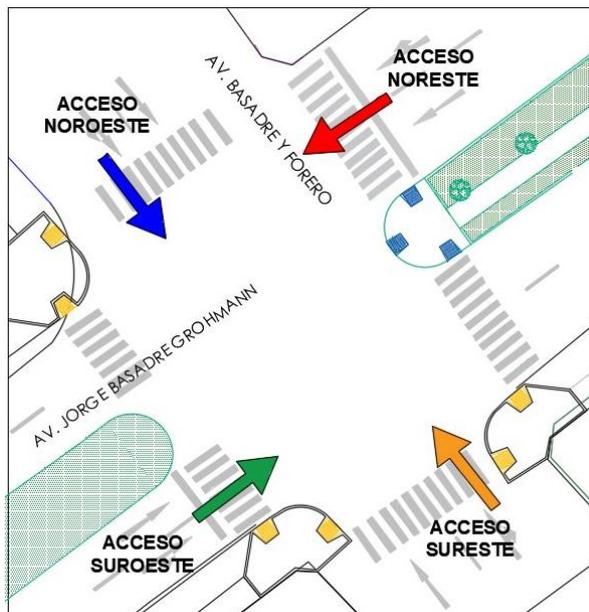


Figura 12: Vista en planta de la intersección I.

Fuente: Elaboración propia.

✓ **ACCESO NORESTE**

Representado por una flecha color rojo (Av. Jorge Basadre Grohmann), posee una calzada de 6.20 m. en total, cuenta con 2 carriles, cada uno de 3.10 m. y al lado derecho se encuentra la berma central arborizada con una medida de 7.50 m.

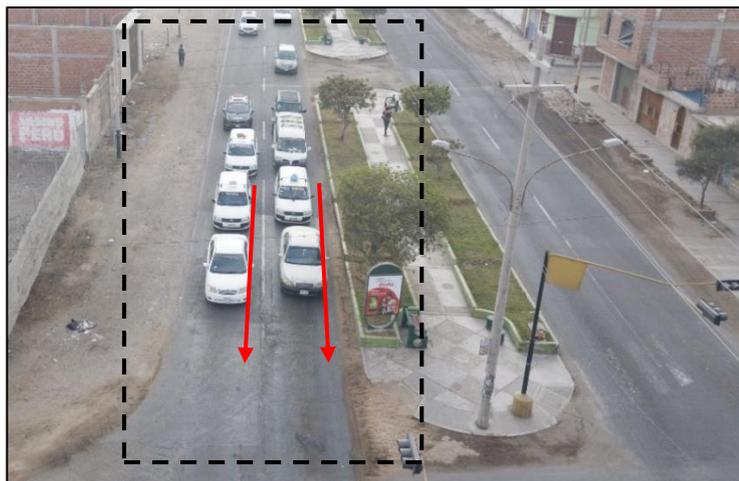


Figura 13: Acceso Noreste (Mayo 2019).

Fuente: Elaboración propia con dron.

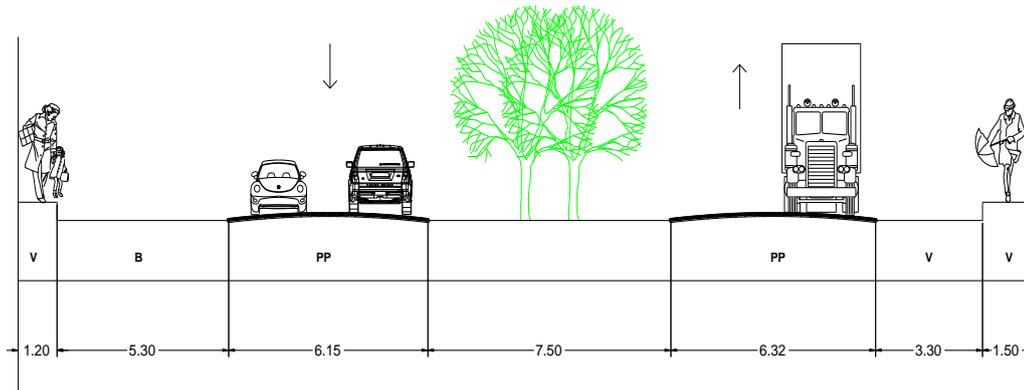


Figura 14: Sección Vial del Acceso Noreste (Av. Jorge Basadre Grohmann)

Fuente: Elaboración propia

Se debe conocer la pendiente para ingresarla al programa Synchro, por lo cual se utilizó el programa Google Earth, tal como lo muestra la figura 14. En el caso de este acceso se puede notar que el terreno presenta una pendiente de -3%.

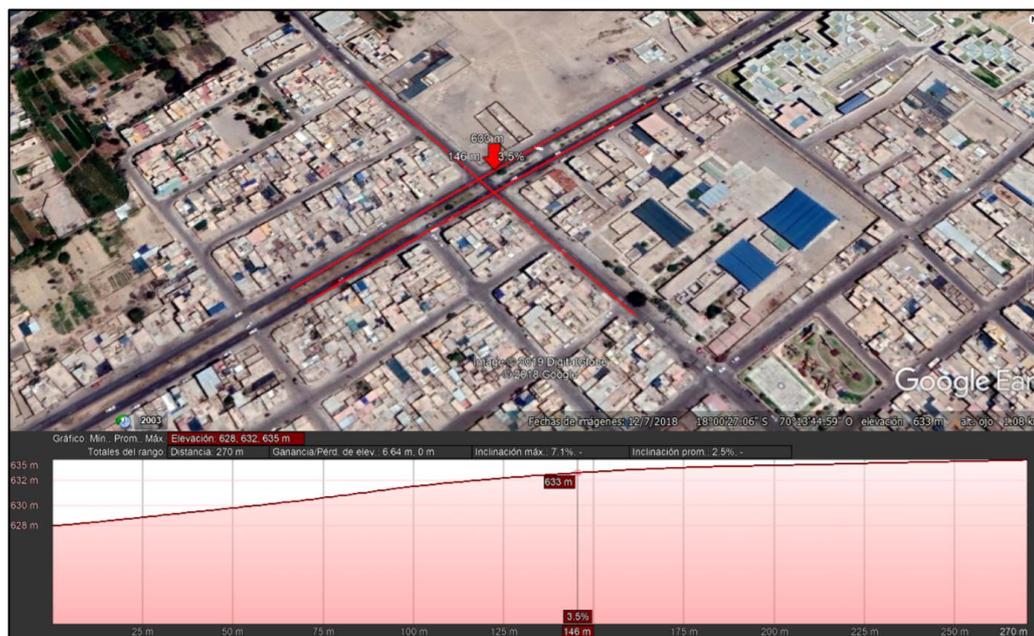


Figura 15: Pendiente promedio del Acceso Noreste (Av. Jorge Basadre Grohmann).

Fuente: Google Earth

✓ ACCESO SUROESTE

Representado por una flecha color verde (Av. Jorge Basadre Grohmann), posee una calzada de 6.30 m. en total, cuenta con 2 carriles, cada uno de 3.15 m., al lado izquierdo se encuentra una vereda para uso peatonal de 1.45 m. de ancho y una berma de 3.30 m., por el lado contrario se encuentra la berma central con una medida de 7.50 m. por el lado contrario se encuentra la berma central con una medida de 7.50 m.

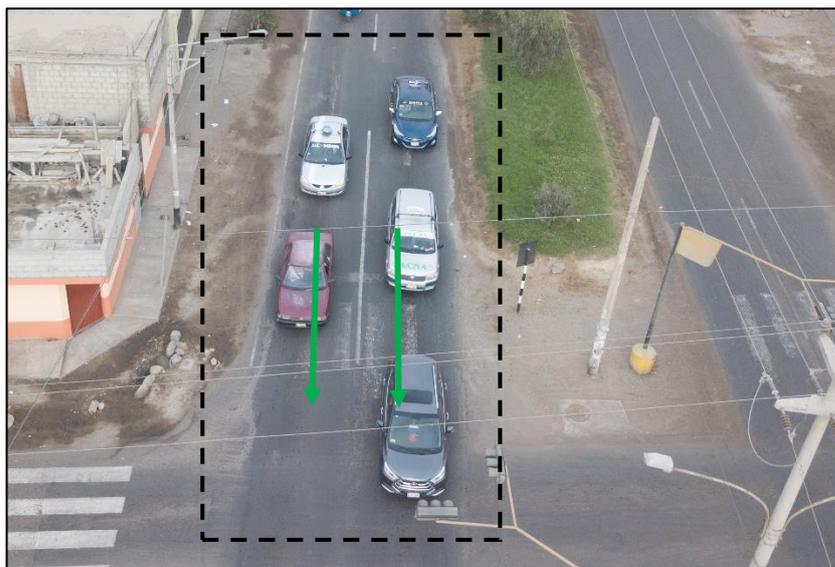


Figura 16: Acceso Suroeste (Mayo 2019).

Fuente: Elaboración propia captura con drone.

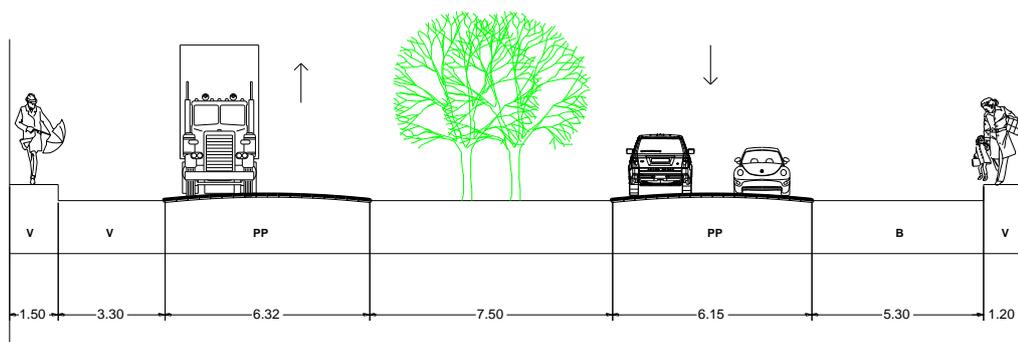


Figura 17: Sección Vial del Acceso Suroeste (Av. Jorge Basadre Grohmann).

Fuente: Elaboración propia

En el caso de este acceso se puede notar que el terreno presenta una pendiente de 3%, tal como lo muestra la figura 18.

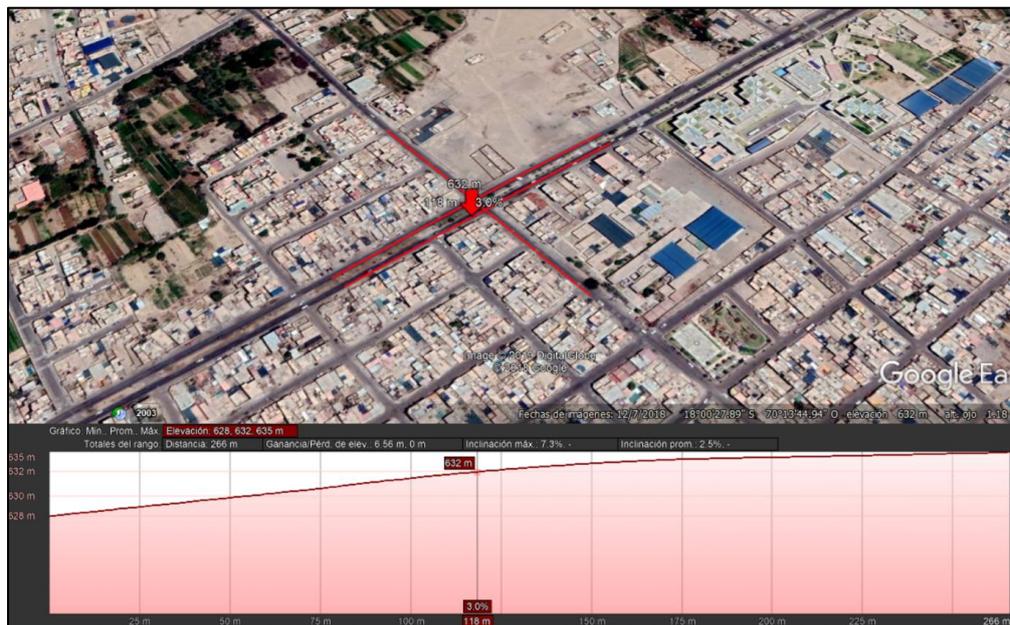


Figura 18: Pendiente promedio del Acceso Suroeste (Av. Jorge Basadre Grohmann).
Fuente: Google Earth

✓ ACCESO SURESTE

Representado por una flecha color amarilla (Av. Basadre y Forero), Este acceso cuenta con 1 carril de ingreso y posee una calzada de 6.40 m con cada carril de 3.20 m., 2.00 m de vereda y 1.90 de berma, por el lado contrario una vereda de 1.15m y berma de 3.40m.

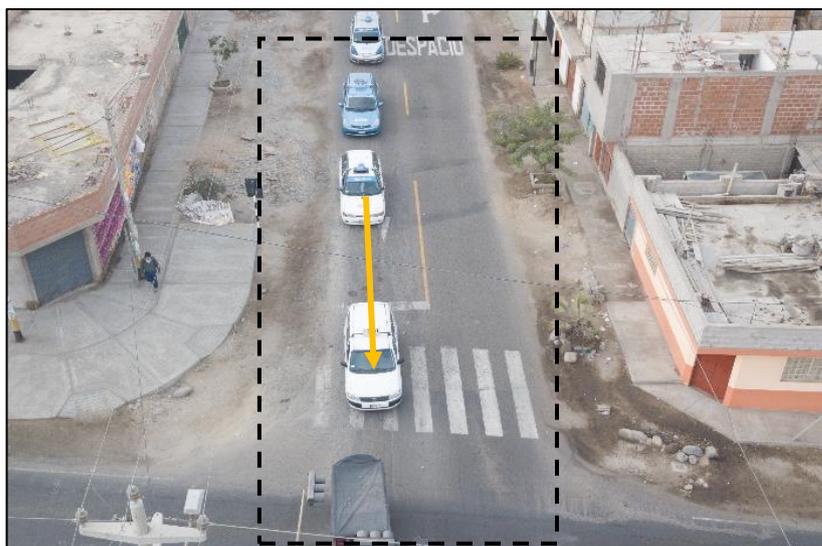


Figura 19: Acceso Sureste (Mayo 2019).

Fuente: Elaboración propia con dron.

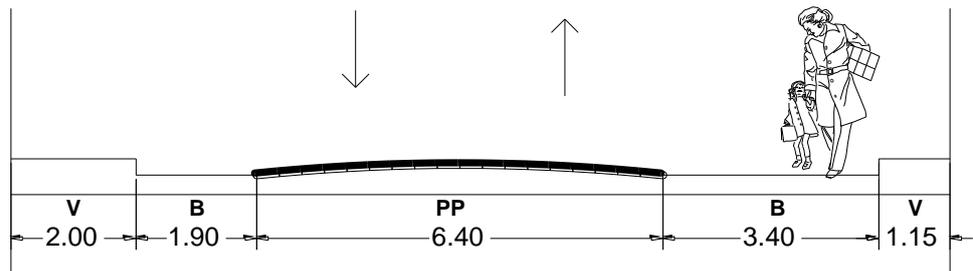


Figura 20: Sección Vial del Acceso Sureste (Av. Basadre y Forero)

Fuente: Elaboración propia

En el caso de este acceso se puede notar que el terreno presenta una pendiente de 2%, tal como lo muestra la figura 21.



Figura 21: Pendiente promedio del Acceso Sureste (Av. Basadre y Forero)

Fuente: Google Earth

✓ ACCESO NOROESTE

Representado por una flecha color azul (Av. Basadre y Forero). El acceso Noroeste posee una calzada de 6.40 m. con cada carril de 3.20 m., 1.15 m. de vereda y 3.40 m. de berma. Por el lado contrario presenta una berma de 1.90 m. y 2.00 m. de vereda, lo cual se representa en la figura 22.

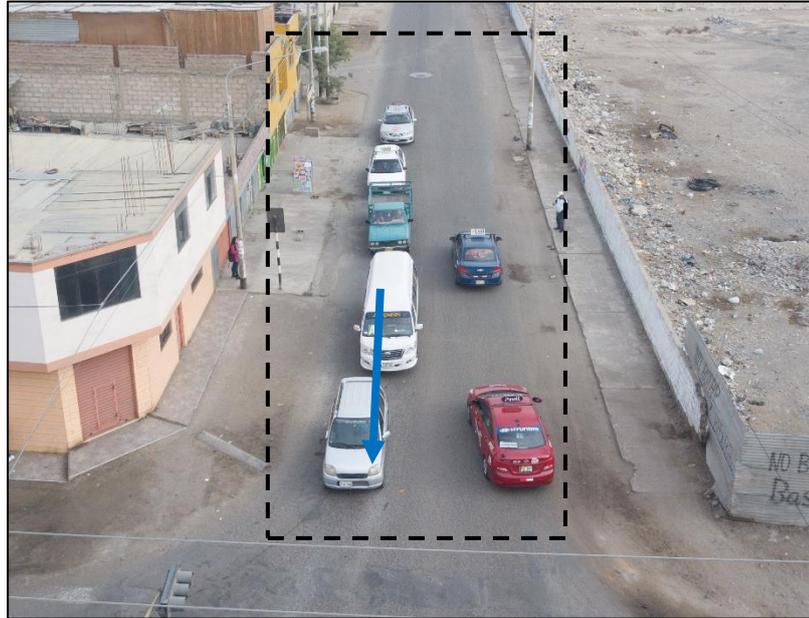


Figura 22: Acceso Noroeste (Mayo 2019)

Fuente: Elaboración propia con drone.

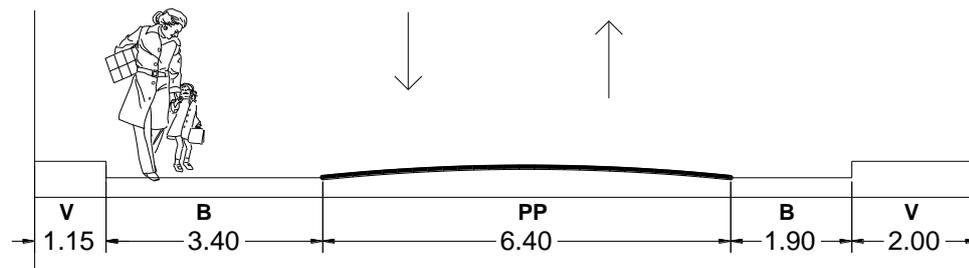


Figura 23: Sección Vial del Acceso Noroeste (Av. Basadre y Forero)

Fuente: Elaboración propia

En el caso de este acceso se puede notar que el terreno presenta una pendiente de -2%, tal como lo muestra la figura 24.



Figura 24: Pendiente promedio del Acceso Noroeste (Av. Basadre y Forero)

Fuente: Google Earth

3.4.1.2. Intersección II: Avenida Jorge Basadre Grohmann cruce con Avenida Gustavo Pinto

La Avenida Jorge Basadre Grohmann y la Avenida Gustavo Pinto son vías arteriales que se encuentran bajo la jurisdicción de la Municipalidad Provincial de Tacna. La Av. Jorge Basadre cuenta con 4 carriles (2 en cada sentido), una berma central arborizada y la Av. Gustavo Pinto presenta 2 carriles (1 en cada sentido).

En el área de estudio se encuentran las Instituciones Educativas Privadas Hermanas Barcia Boniffatti y Daniel Comboni, también se encuentra un establecimiento de juegos y cine Cinestar, el hotel Park Inn y una variedad de restaurantes y discotecas, lo que significan mayor flujo vehicular y peatonal.



Figura 25: Intersección II - Av. Jorge Basadre Grohmann – Av. Gustavo Pinto.

Fuente: Elaboración propia adaptado del Google Earth.

La intersección vial cuenta con cuatro accesos, que se muestran a continuación:

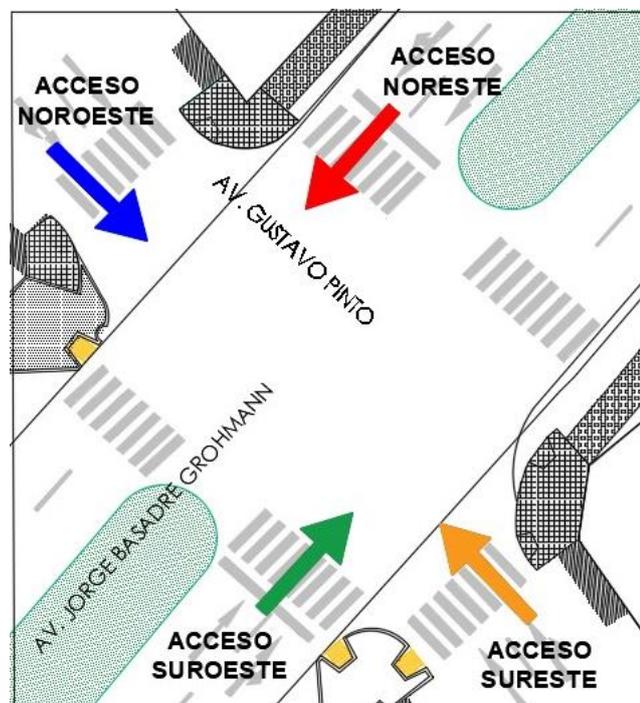


Figura 26: Vista en planta de la intersección II.

Fuente: Elaboración propia

✓ **ACCESO NORESTE:**

Representado por una flecha color rojo (Av. Jorge Basadre Grohmann), posee una calzada de 6.50 m. en total, cuenta con 2 carriles, cada uno de 3.25 m. y al lado derecho se encuentra la berma central arborizada con una medida de 7.50 m.

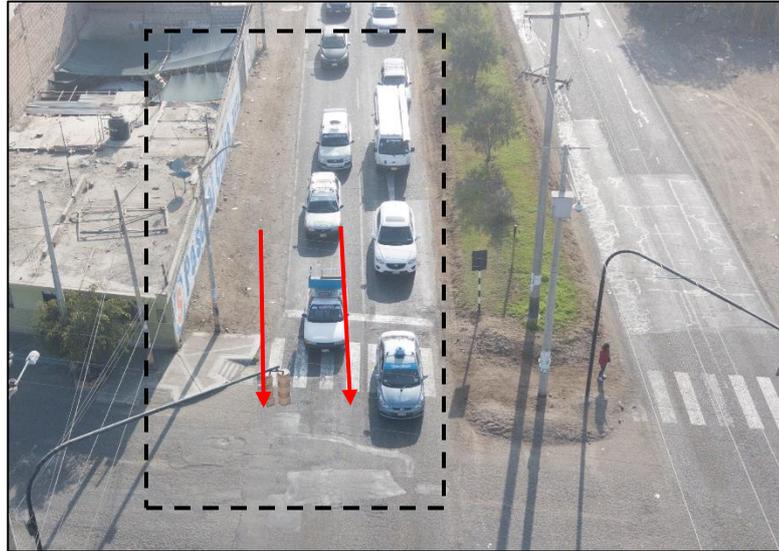


Figura 27: Acceso Noreste (Mayo 2019).

Fuente: Elaboración Propia con drone.

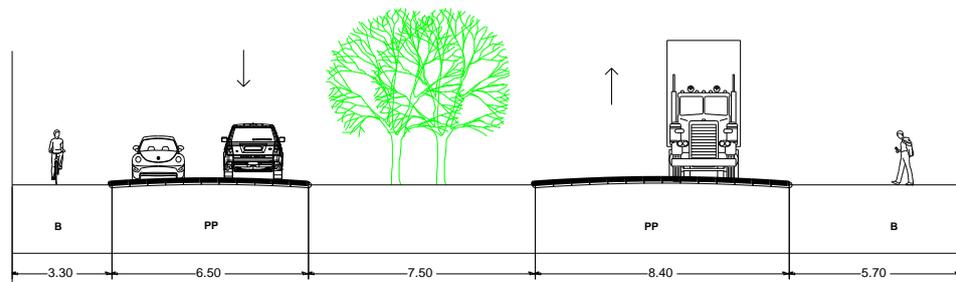


Figura 28: Sección Vial del Acceso Noreste (Av. Jorge Basadre Grohmann)

Fuente: Elaboración propia

En el caso de este acceso se puede notar que el terreno presenta una pendiente de -3%, tal como lo muestra la figura 29.

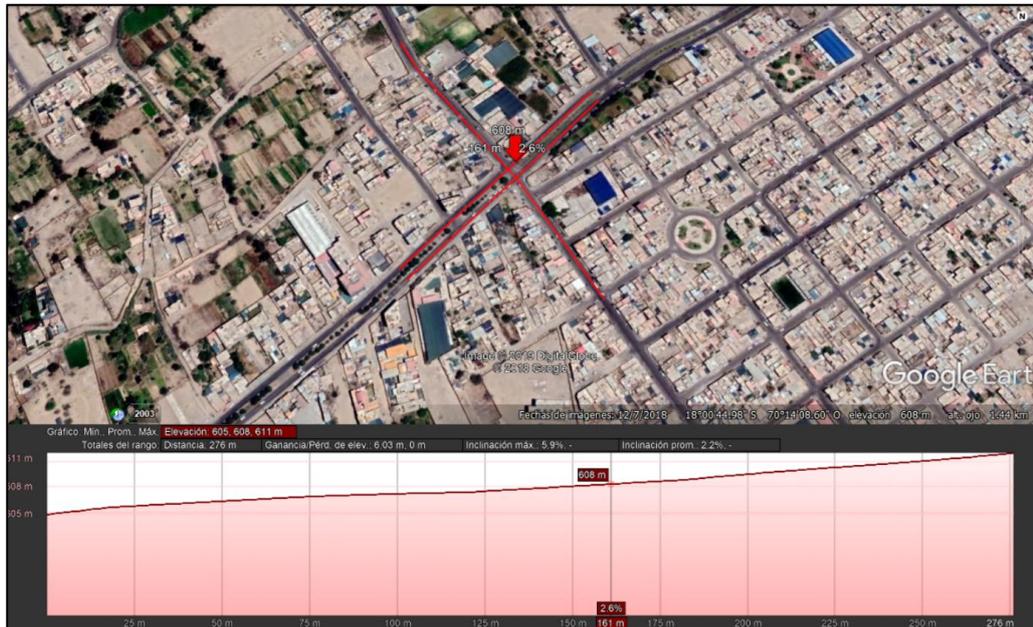


Figura 29: Pendiente promedio del Acceso Noreste (Av. Jorge Basadre Grohmann)

Fuente: Google Earth

✓ ACCESO SUROESTE

Representado por una flecha color verde (Av. Jorge Basadre Grohmann), posee una calzada de 7.10 m. en total, cuenta con 2 carriles, cada uno de 3.55 m., al lado izquierdo se encuentra una vereda para uso peatonal de 1.50 m. de ancho y una berma de 3.40 m., por el lado contrario se encuentra la berma central con una medida de 6.80 m.

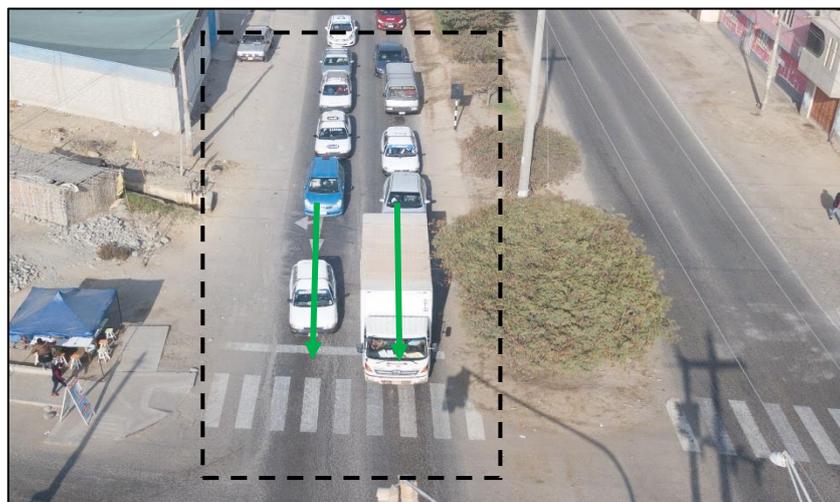


Figura 30: Acceso Suroeste (Mayo 2019)

Fuente: Elaboración propia con dron.

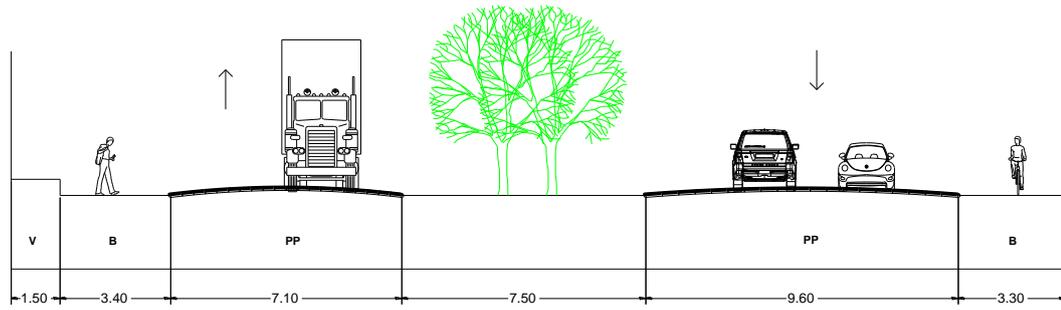


Figura 31: Sección Vial del Acceso Suroeste (Av. Jorge Basadre Grohmann)

Fuente: Elaboración propia

En el caso de este acceso se puede notar que el terreno presenta una pendiente de 3%, tal como lo muestra la figura 32.

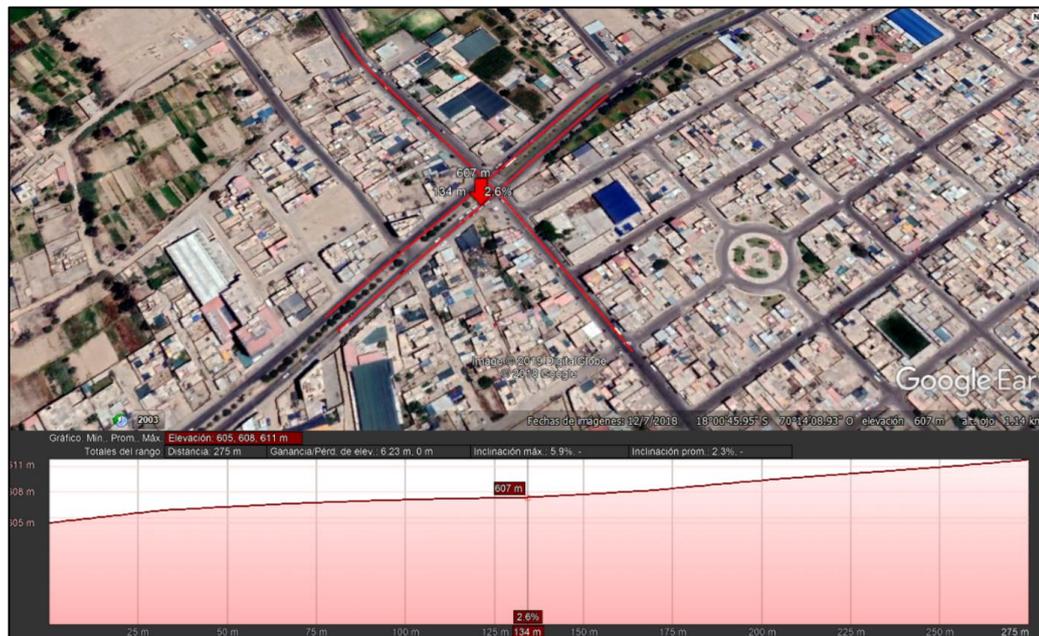


Figura 32: Pendiente promedio del Acceso Suroeste (Av. Jorge Basadre Grohmann)

Fuente: Google Earth

✓ ACCESO SURESTE

Representado por una flecha color amarilla (Av. Gustavo Pinto), Este acceso cuenta con 1 carril de ingreso y posee una calzada de 8.20 m con cada carril de 4.10 m., 1.55 m de vereda en ambos lados para uso peatonal y 1.70 m. de berma en el lado izquierdo y 1.90 m. en el lado derecho.



Figura 33: Acceso Sureste (Mayo 2019)

Fuente: Elaboración propia con dron

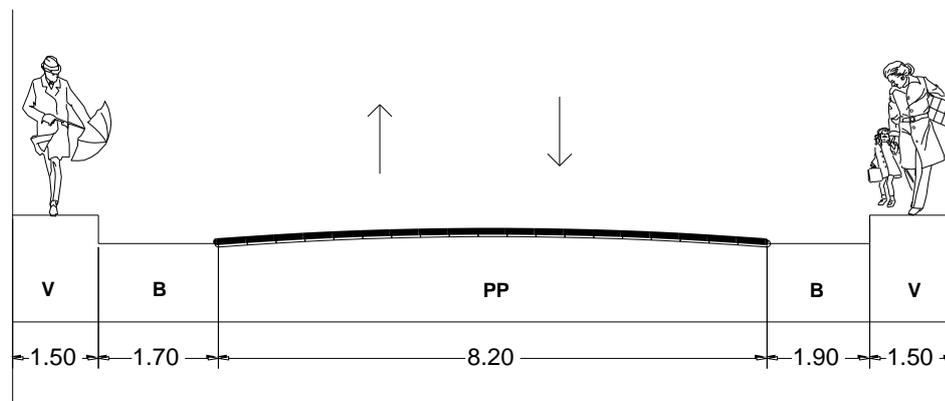


Figura 34: Sección Vial del Acceso Sureste (Av. Gustavo Pinto)

Fuente: Elaboración propia

En el caso de este acceso se puede notar que el terreno presenta una pendiente de 2%, tal como lo muestra la figura 35.



Figura 35: Pendiente promedio del Acceso Sureste (Av. Gustavo Pinto)

Fuente: Google Earth

✓ ACCESO NOROESTE

Representado por una flecha color azul (Av. Gustavo Pinto). El acceso Noroeste posee una calzada de 9.60 m. con cada carril de 4.80 m., 1.60 m. de vereda en ambos lados para uso peatonal, 1.80 m. de berma y por el otro lado, 2.05 m. de berma, lo cual se representa en la figura 35.

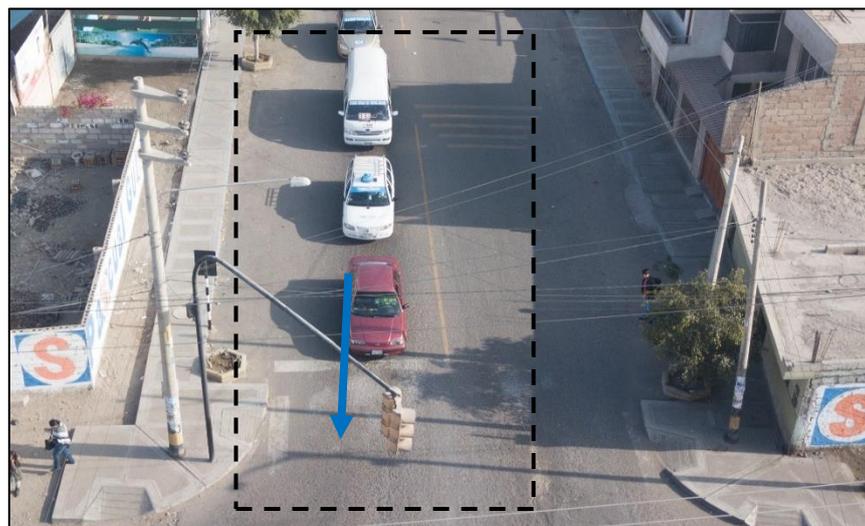


Figura 36: Acceso Noroeste (Mayo 2019)

Fuente: Elaboración propia con drone.

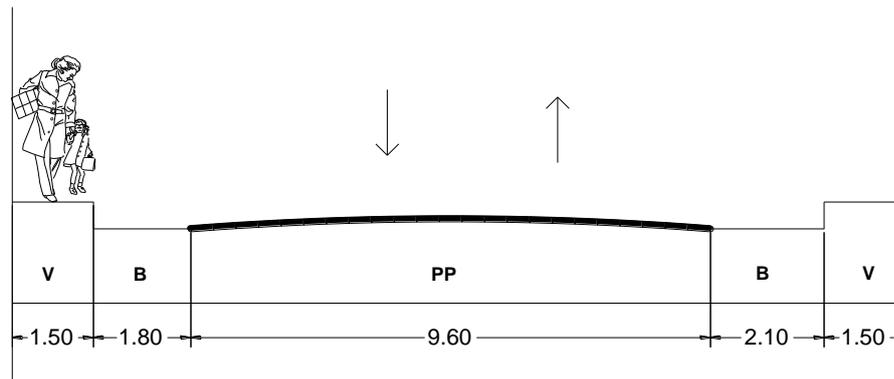


Figura 37: Sección Vial del Acceso Noroeste (Av. Gustavo Pinto)

Fuente: Elaboración propia

En el caso de este acceso se puede notar que el terreno presenta una pendiente de -2%, tal como lo muestra la figura 38.



Figura 38: Pendiente promedio del Acceso Noroeste (Av. Gustavo Pinto)

Fuente: Google Earth

3.4.1.3. Intersección III: Avenida Jorge Basadre Grohmann cruce con Avenida Gregorio Albarracín

La Avenida Jorge Basadre Grohmann y la Avenida Gregorio Albarracín son vías arteriales que se encuentran bajo la jurisdicción de la Municipalidad Provincial de Tacna. La Av. Jorge Basadre cuenta con 4 carriles (2 en cada sentido), una berma central arborizada y la Av. Gregorio Albarracín presenta 2 carriles (1 en cada sentido).

En el área de estudio se encuentra la Institución Educativa Dr. Modesto Montesinos Zamalloa y una variedad de establecimientos de comida.



Figura 39: Intersección III - Av. Jorge Basadre Grohmann – Av. Gregorio Albarracín.

Fuente: Elaboración propia adaptado del Google Earth.

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

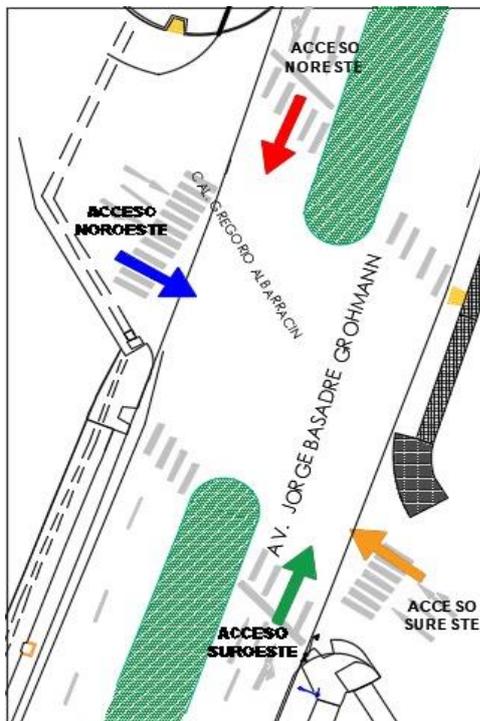


Figura 40: Vista en planta de la intersección III.

Fuente: Elaboración propia

✓ ACCESO NORESTE

Representado por una flecha color rojo (Av. Jorge Basadre Grohmann), posee una calzada de 13.90 m. en total, cuenta con 2 carriles, cada uno de 6.95 m. y al lado derecho se encuentra la berma central arborizada con una medida de 5.10 m, por el otro lado se observa la falta de vereda.



Figura 41: Acceso Noreste en Google Maps (Oct. 2014)

Fuente: Google Maps

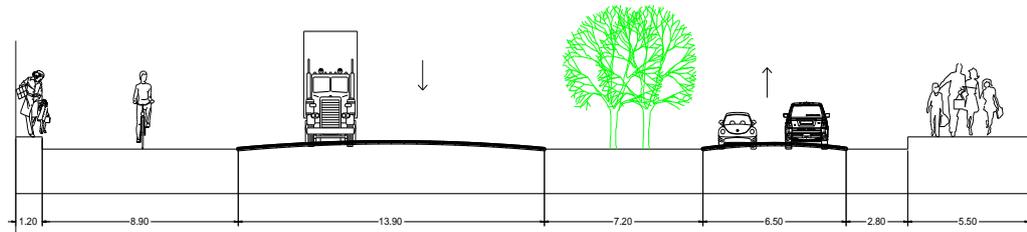


Figura 42: Sección Vial del Acceso Noreste (Av. Jorge Basadre Grohmann)

Fuente: Elaboración propia

En el caso de este acceso se puede notar que el terreno presenta una pendiente de -3%, tal como lo muestra la figura 43.

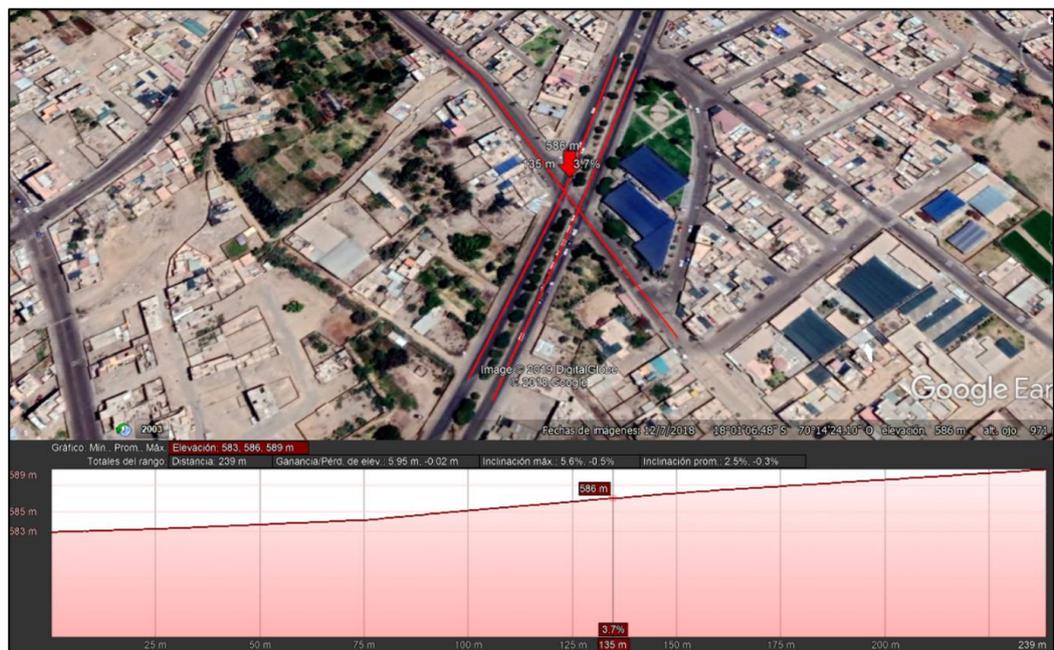


Figura 43: Pendiente promedio del Acceso Noreste (Av. Jorge Basadre Grohmann)

Fuente: Google Earth

✓ **ACCESO SUROESTE:**

Representado por una flecha color verde (Av. Jorge Basadre Grohmann), posee una calzada de 8.80 m. en total, cuenta con 2 carriles, cada uno de 4.40 m., al lado izquierdo se encuentra una vereda para uso peatonal de 2.90 m. de ancho, por el lado contrario se encuentra la berma central con una medida de 6.90 m.

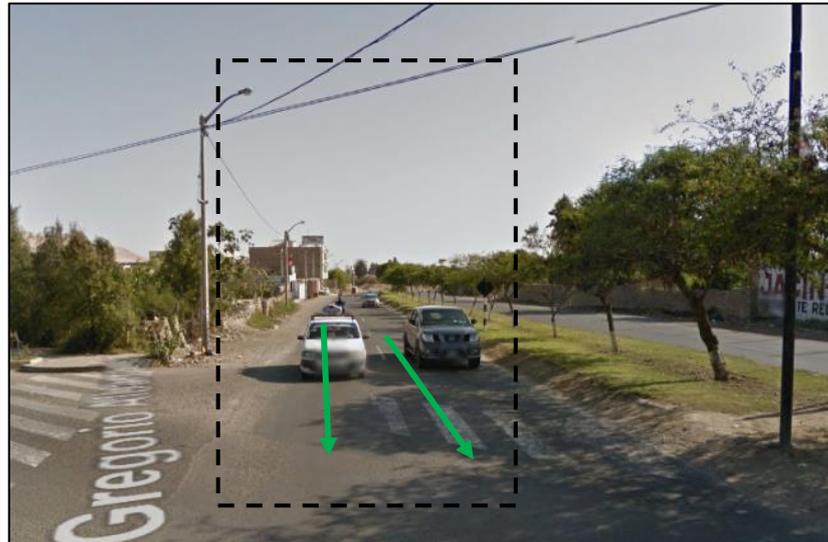


Figura 44: Acceso Suroeste en Google Maps (Oct. 2014)

Fuente: Google Maps

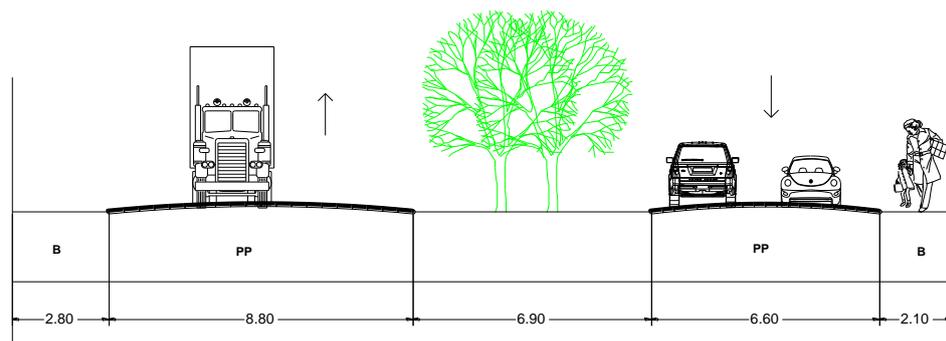


Figura 45: Sección Vial del Acceso Suroeste (Av. Jorge Basadre Grohmann)

Fuente: Elaboración propia

En el caso de este acceso se puede notar que el terreno presenta una pendiente de 3%, tal como lo muestra la figura 4 6.

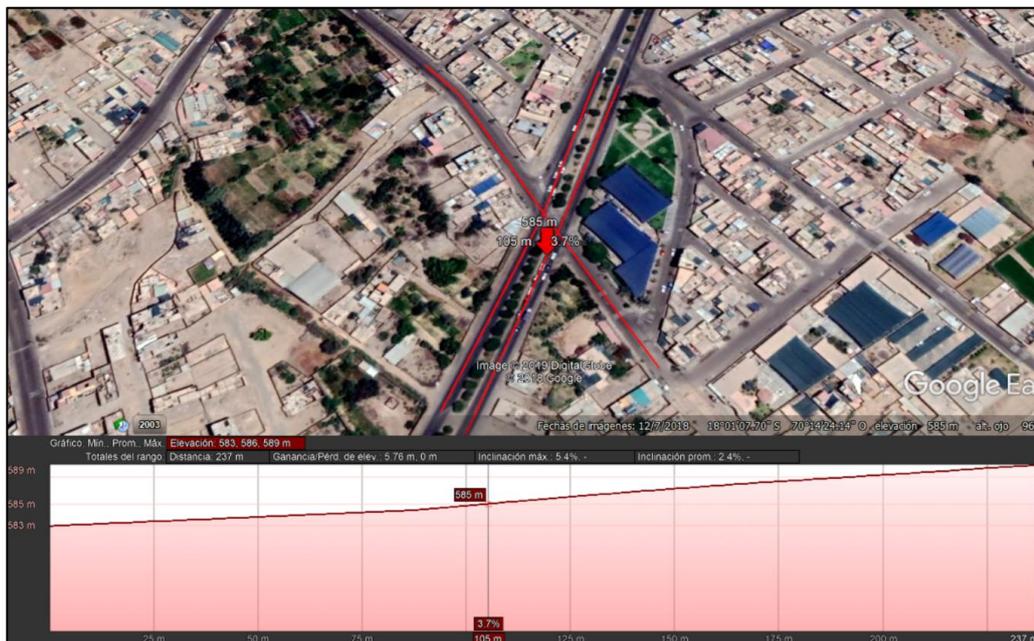


Figura 46: Pendiente promedio del Acceso Suroeste (Av. Jorge Basadre Grohmann)

Fuente: Google Earth

✓ ACCESO SURESTE

Representado por una flecha color amarilla (Av. Gregorio Albarracín), Este acceso cuenta con 1 carril de ingreso y posee una calzada de 7.90 m con cada carril de 3.95 m y 1.50 m de vereda en ambos lados para uso peatonal.



Figura 47: Acceso Sureste en Google Maps (Oct. 2014)

Fuente: Google Maps

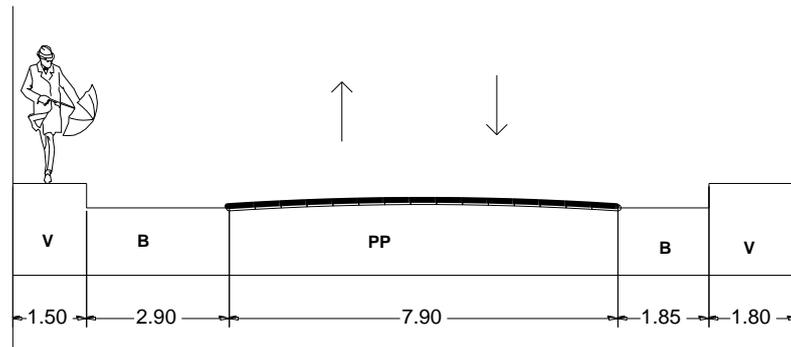


Figura 48: Sección Vial del Acceso Sureste (Av. Gregorio Albarracín)

Fuente: Elaboración propia

En el caso de este acceso se puede notar que el terreno presenta una pendiente de 2%, tal como lo muestra la figura 49.

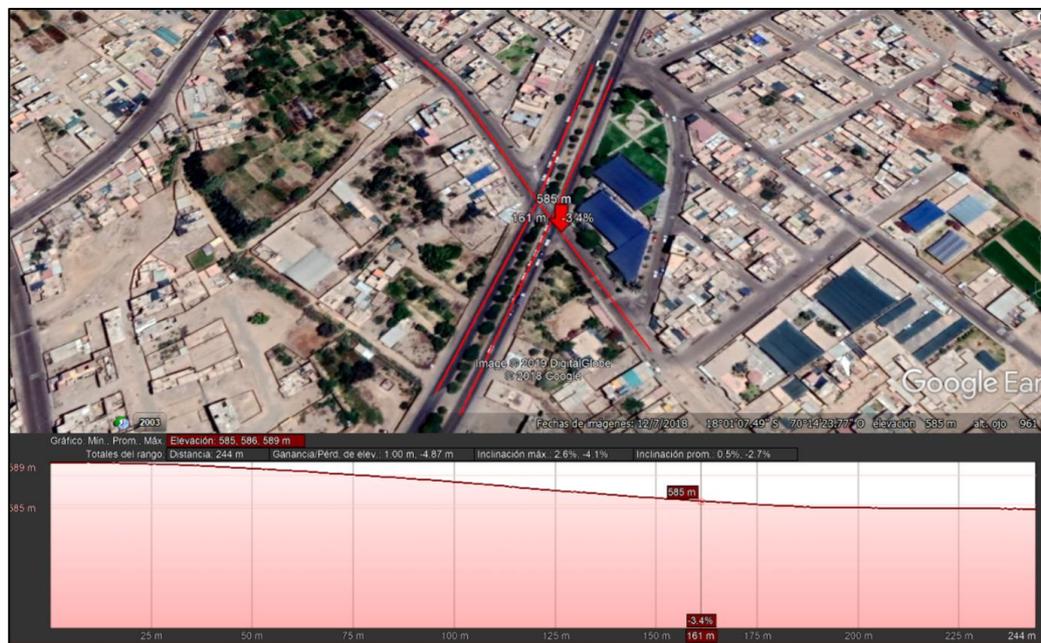


Figura 49: Pendiente promedio del Acceso Sureste (Av. Gregorio Albarracín)

Fuente: Google Earth

✓ ACCESO NOROESTE

Representado por una flecha color azul (Av. Gregorio Albarracín). El acceso Noroeste posee una calzada de 8.30 m. con cada carril de 4.15 m. y 1.90 m. de vereda en ambos lados para uso peatonal, lo cual se representa en la figura 50.



Figura 50: Acceso Noroeste en Google Maps (Oct. 2014)

Fuente: Google Maps

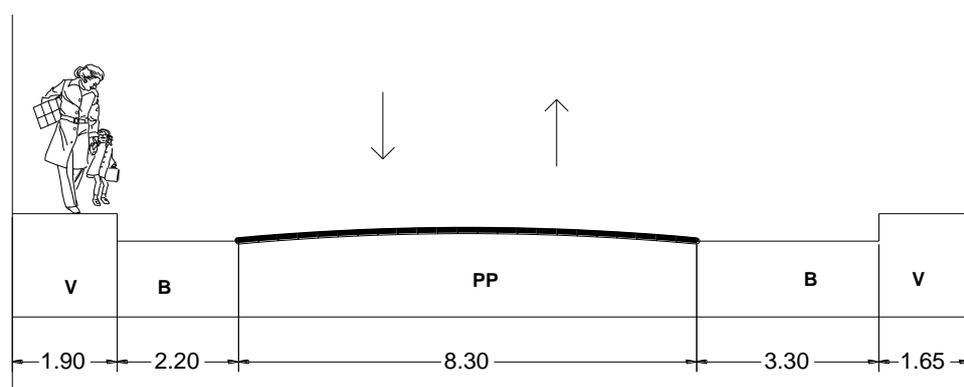


Figura 51: Sección Vial del Acceso Noroeste (Av. Gregorio Albarracín)

Fuente: Elaboración propia

En el caso de este acceso se puede notar que el terreno presenta una pendiente de -2%, tal como lo muestra la figura 52.

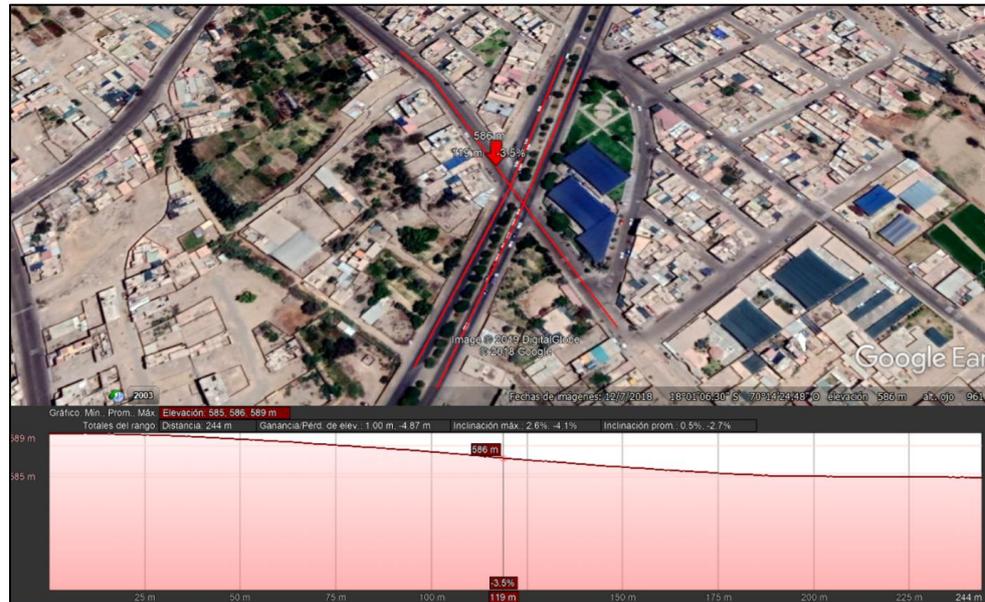


Figura 52: Pendiente promedio del Acceso Noroeste (Av. Gregorio Albarracín)

Fuente: Google Earth

3.4.1.4. Intersección IV: Avenida Jorge Basadre Grohmann cruce con Avenida Billinghurst.

La Avenida Jorge Basadre Grohmann y la Avenida Billinghurst son vías arteriales que se encuentran bajo la jurisdicción de la Municipalidad Provincial de Tacna. La Av. Jorge Basadre cuenta con 4 carriles (2 en cada sentido), una berma central arborizada y la Av. Billinghurst presenta 2 carriles (1 en cada sentido).

En el área de estudio se encuentra la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, la empresa JM Automotriz y una cantidad considerable de restaurantes y hoteles.



Figura 53: Intersección IV - Av. Jorge Basadre Grohmann cruce con Billinghurst.
Fuente: Elaboración propia adaptado del Google Earth.

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

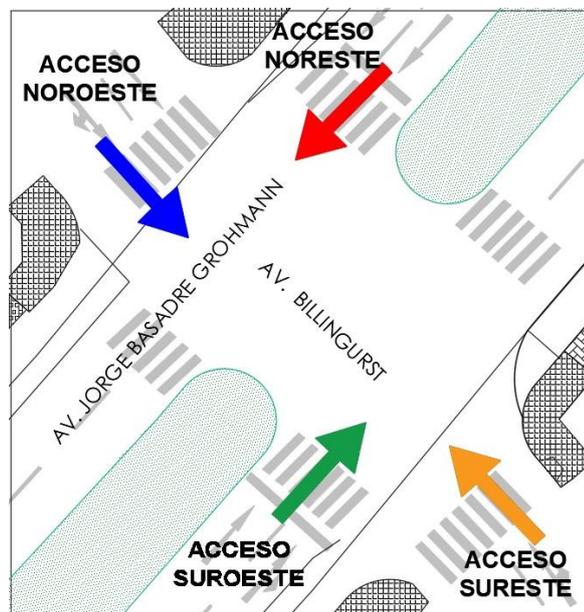


Figura 54: Vista en planta de la intersección IV.
Fuente: Elaboración propia

✓ ACCESO NORESTE

Representado por una flecha color rojo (Av. Jorge Basadre Grohmann), posee una calzada de 6.30 m. en total, cuenta con 2 carriles, cada uno de 3.15 m. y al lado derecho se encuentra la berma central arborizada con una medida de 5.10 m, por el otro lado se observa la falta de vereda.



Figura 55: Acceso Noreste en Google Maps (Oct. 2014)

Fuente: Google Maps

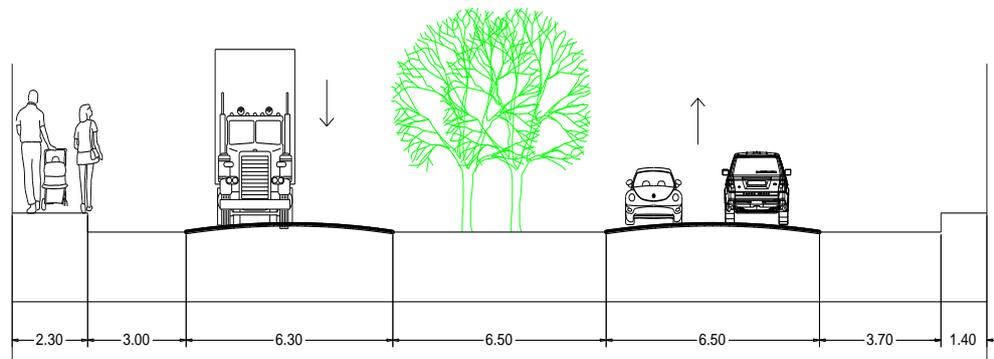


Figura 56: Sección Vial del Acceso Noreste (Av. Jorge Basadre Grohmann)

Fuente: Elaboración propia

En el caso de este acceso se puede notar que el terreno presenta una pendiente de -2%, tal como lo muestra la figura 57.



Figura 57: Pendiente promedio del Acceso Noreste (Av. Jorge Basadre Grohmann)

Fuente: Google Earth

✓ ACCESO SUROESTE

Representado por una flecha color verde (Av. Jorge Basadre Grohmann), posee una calzada de 6.50 m. en total, cuenta con 2 carriles, cada uno de 3.25 m., al lado izquierdo se encuentra una vereda para uso peatonal de 2.30 m. de ancho y una berma de 2.30 m., por el lado contrario se encuentra la berma central con una medida de 5.40 m.

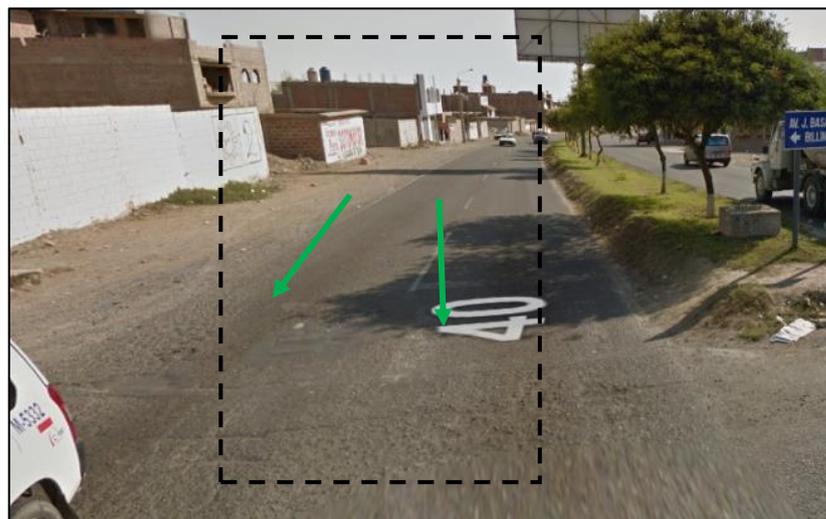


Figura 58: Acceso Suroeste en Google Maps (Oct. 2014)

Fuente: Google Maps

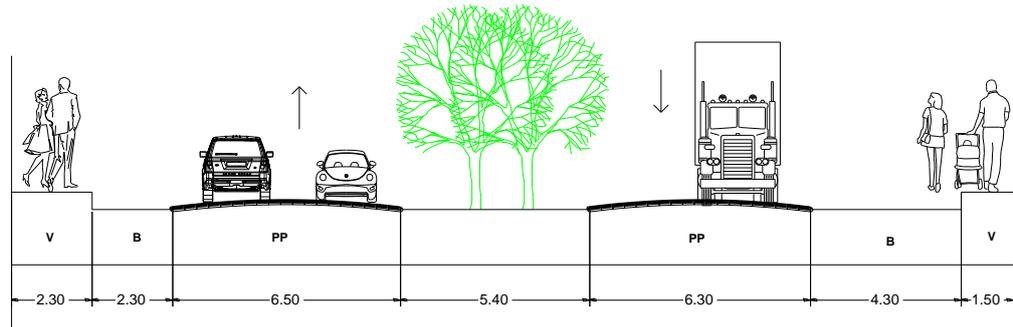


Figura 59: Sección Vial del Acceso Suroeste (Av. Jorge Basadre Grohmann)

Fuente: Elaboración propia

En el caso de este acceso se puede notar que el terreno presenta una pendiente de 2%, tal como lo muestra la figura 60.



Figura 60: Pendiente promedio del Acceso Suroeste (Av. Jorge Basadre Grohmann)

Fuente: Google Earth

✓ ACCESO SURESTE

Representado por una flecha color amarilla (Av. Billinghurst), Este acceso cuenta con 1 carril de ingreso y posee una calzada de 9.20 m con cada carril de 4.60m y 1.50 m de vereda en ambos lados para uso peatonal.



Figura 61: Acceso Sureste en Google Maps (Oct. 2014)

Fuente: Google Maps

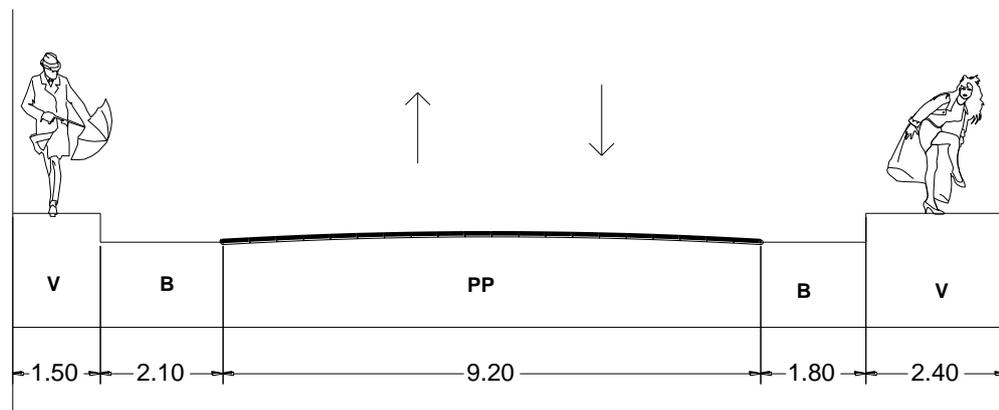


Figura 62: Sección Vial del Acceso Sureste (Av. Billinghurst)

Fuente: Elaboración propia

En el caso de este acceso se puede notar que el terreno presenta una pendiente de 2%, tal como lo muestra la figura 63.



Figura 63: Pendiente promedio del Acceso Sureste (Av. Billinghurst)

Fuente: Google Earth

✓ ACCESO NOROESTE

Representado por una flecha color azul (Av. Billinghurst). El acceso Noroeste posee una calzada de 9.60 m. con cada carril de 2.60 m. y 1.50 m. de vereda en ambos lados para uso peatonal, lo cual se representa en la figura 63.



Figura 64: Acceso Noroeste en Google Maps (Oct. 2014)

Fuente: Google Maps

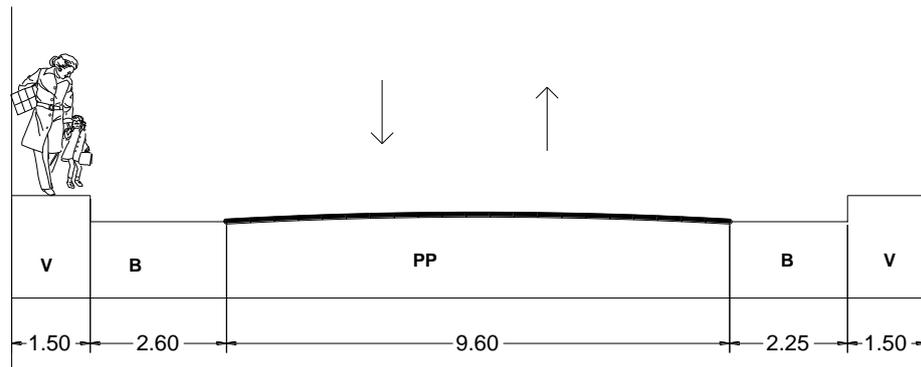


Figura 65: Sección Vial del Acceso Noroeste (Av. Billinghamurst)

Fuente: Elaboración propia

En el caso de este acceso se puede notar que el terreno presenta una pendiente de -2%, tal como lo muestra la figura 66.



Figura 66: Pendiente promedio del Acceso Noroeste (Av. Billinghamurst)

Fuente: Google Earth

3.4.2. Recolección de datos y aforos de las intersecciones

Para el presente estudio, el aforo fue realizado mediante filmaciones y posteriores conteos. Habiendo cuatro estaciones y/o accesos, cada uno con dos movimientos que son: de frente y giro a la derecha, en cada intersección.

La recolección de datos de los aforos vehiculares fue producto de una medición durante los ciclos de aproximadamente 6 horas en cada día de la semana, por la mañana de 7:00 a 9:00 am., por la tarde de 12:00 a 14:00 y por la noche entre las 18:00 y 20:00 horas. Los resultados se muestran mediante plantillas y tablas posteriormente.

3.4.2.1. Intersección I: Avenida Jorge Basadre Grohmann - Avenida Basadre y Forero

Para la Intersección I fueron identificados los movimientos presentes en ella, conforme muestra la Figura 67.

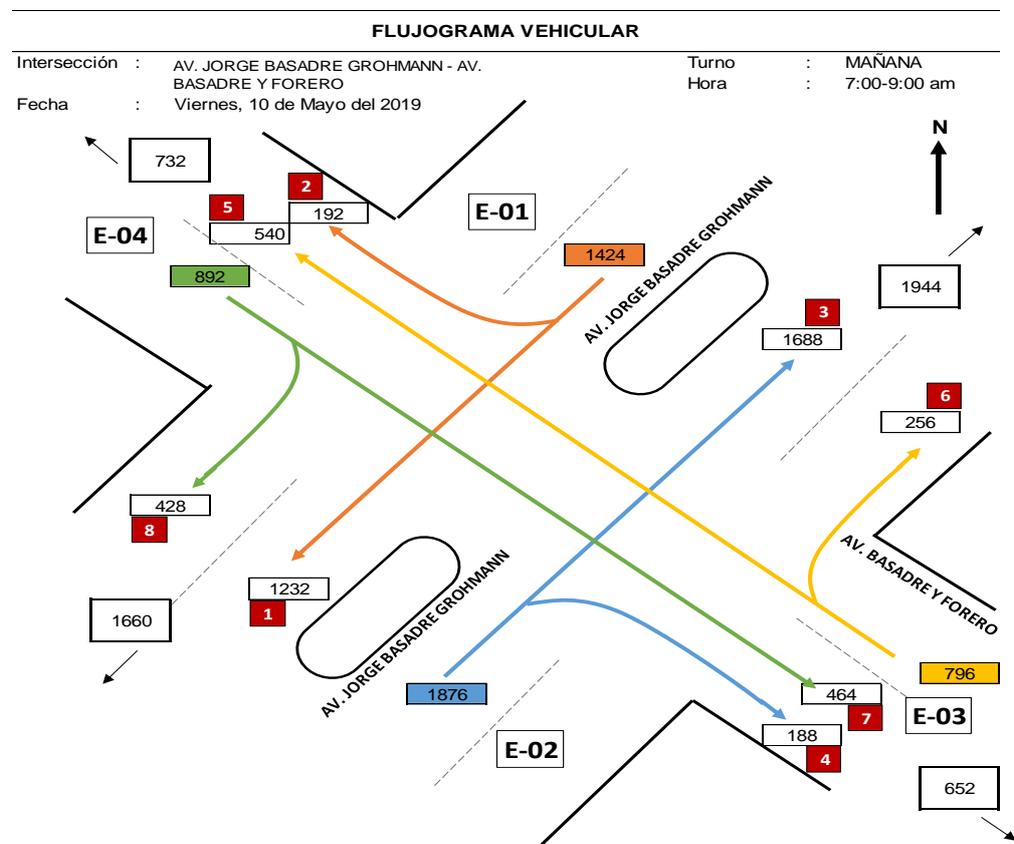


Figura 67: Identificación de movimientos de la Intersección I.

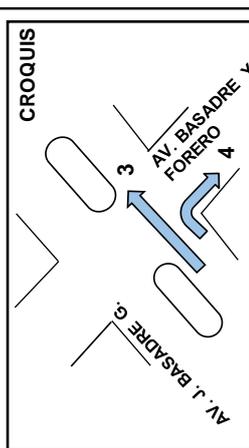
Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 5 se presentan los datos del aforo vehicular según el día de mayor flujo vehicular en la estación 2 de la intersección I y se muestra el mayor valor total por cada 15 minutos. Luego se observa en la Tabla 6, el conteo según flujos y giros por cada 15 minutos, el total de vehículos en la hora pico y el porcentaje de participación de los vehículos livianos y pesados en el día lunes, 06 de mayo del 2019.

Tabla 5: Formato de aforo vehicular de la Intersección I

HORA		AUTOS		STATION WAGON		CAMIONETAS		MICRO		BUS		CAMION		SEMI TRAYLER		TRAYLER		TOTAL 15 MIN			
		FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO
		3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4
7:00-7:15		85	6	77	6	32	3	0	1	8	1	9	0	15	1	0	0	226	18		
7:15-7:30		122	9	142	12	77	2	1	0	15	0	15	0	19	0	1	0	392	23		
7:30-7:45		125	25	170	12	69	9	0	0	13	0	21	1	21	0	3	0	422	47		
7:45-8:00		132	13	154	25	72	3	0	0	15	0	19	0	26	0	2	0	420	41		
8:00-8:15		108	2	148	18	60	2	1	1	14	0	17	2	18	0	2	0	368	25		
8:15-8:30		81	4	158	15	53	2	0	0	15	0	13	0	12	0	1	0	333	21		
8:30-8:45		46	9	76	9	46	1	8	0	8	0	8	0	9	0	0	0	201	19		
8:45-9:00		45	5	86	11	23	0	0	0	2	0	12	1	15	0	1	0	184	17		
12:00-12:15		33	2	36	16	26	4	0	0	4	0	9	2	6	0	2	0	116	24		
12:15-12:30		46	6	39	8	43	2	0	0	16	0	17	0	11	0	2	0	174	16		
12:30-12:45		49	4	26	6	30	0	0	0	2	0	15	0	9	0	1	0	132	10		
12:45-13:00		25	9	25	8	25	1	0	0	1	0	16	0	5	0	0	1	97	19		
13:00-13:15		79	11	44	9	45	0	0	0	0	0	6	1	2	0	1	0	177	21		
13:15-13:30		87	6	51	3	45	0	0	0	1	0	5	0	1	0	0	0	190	9		
13:30-13:45		69	8	60	2	32	3	0	0	1	0	5	0	2	0	0	0	169	13		
13:45-14:00		53	6	30	8	33	2	0	0	0	0	3	0	0	0	1	0	120	16		
18:00-18:15		55	3	71	9	26	0	0	0	0	0	5	1	6	0	0	0	163	13		
18:15-18:30		56	2	32	11	30	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	121	13		
18:30-18:45		64	6	40	6	46	1	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	153	13		
18:45-19:00		67	9	45	9	36	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	149	19		
19:00-19:15		48	6	55	9	30	0	0	0	2	0	4	0	1	0	1	0	141	15		
19:15-19:30		35	8	40	2	46	4	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	129	14		
19:30-19:45		48	2	45	2	35	5	1	0	0	0	2	0	3	0	0	0	134	9		
19:45-20:00		69	5	55	9	32	0	0	0	0	0	7	0	1	0	1	0	165	14		

Fuente: Elaboración propia

**FORMATO DE AFORO VEHICULAR**

AV. JORGE BASADRE GROHMANN - AV. BASADRE Y FORERO

Lunes, 06 de Mayo del 2019

ACCESO: SUR - NORTE

ESTACIÓN: E-02

Tabla 6: Conteo de flujos y giros de la Intersección I.

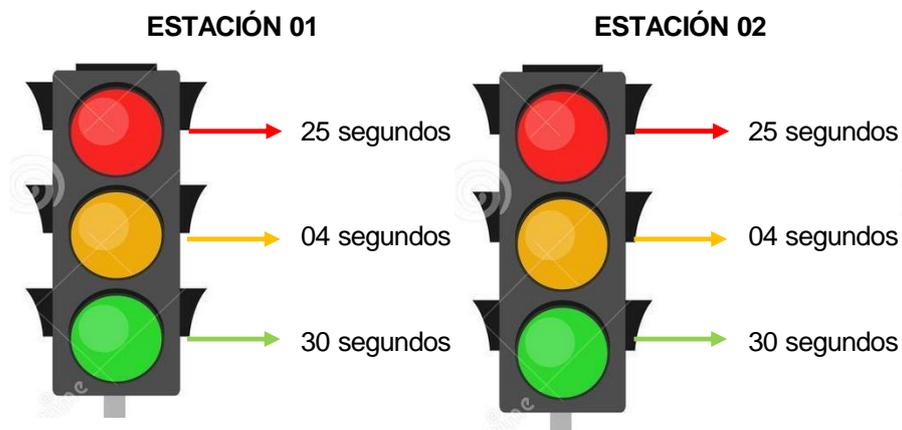
HORA	LIVIANO		PESADO	
	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO
	3	4	3	4
7:00-7:15	194	16	32	2
7:15-7:30	342	23	50	0
7:30-7:45	364	46	58	1
7:45-8:00	358	41	62	0
8:00-8:15	317	23	51	2
8:15-8:30	292	21	41	0
8:30-8:45	176	19	25	0
8:45-9:00	154	16	30	1
12:00-12:15	95	22	21	2
12:15-12:30	128	16	46	0
12:30-12:45	105	10	27	0
12:45-13:00	75	18	22	1
13:00-13:15	168	20	9	1
13:15-13:30	183	9	7	0
13:30-13:45	161	13	8	0
13:45-14:00	116	16	4	0
18:00-18:15	152	12	11	1
18:15-18:30	118	13	3	0
18:30-18:45	150	13	3	0
18:45-19:00	148	19	1	0
19:00-19:15	133	15	8	0
19:15-19:30	121	14	8	0
19:30-19:45	129	9	5	0
19:45-20:00	156	14	9	0
TOTALES	4335	438	541	11

HORA	LIVIANO		PESADO	
	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO
	1	2	1	2
7:30-7:45	1456	184	232	4

	1		2	
	LIVIANO	PESADO	LIVIANO	PESADO
TOTAL	1688		188	
PARTICIPACION	86.26%	13.74%	97.87%	2.13%

Fuente: Elaboración propia

Como parte de los aforos, fueron también registrados los tiempos de verde, ámbar y rojo de cada fase de los semáforos, conforme se puede visualizar en la. Figura 68.



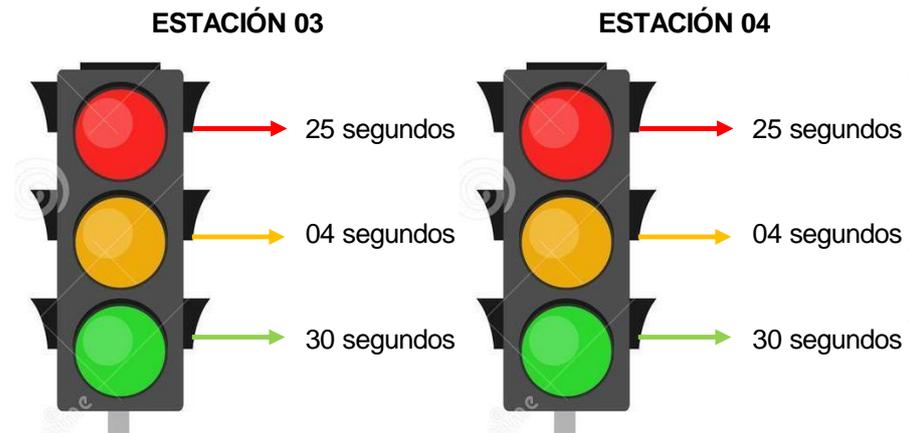


Figura 68: Ciclo semafórico de la intersección I.

Fuente: Elaboración propia

3.4.2.2. Intersección II: Avenida Jorge Basadre Grohmann - Avenida Gustavo Pinto.

Para la Intersección II fueron identificados los movimientos presentes en ella, conforme muestra la Figura 69.

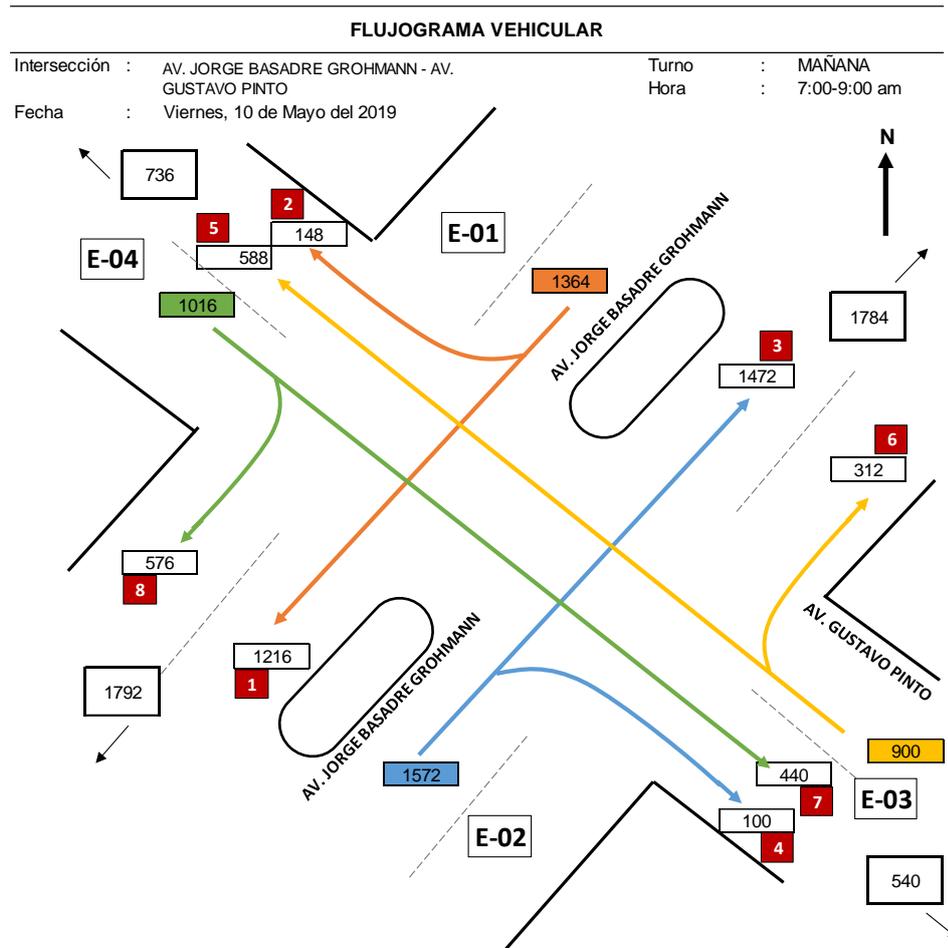


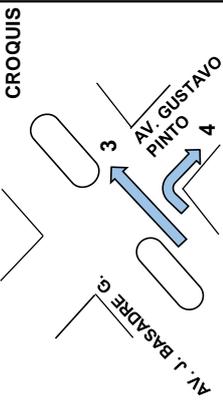
Figura 69: Identificación de movimientos de la Intersección II.

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 7 se presentan los datos del aforo vehicular según el día de mayor flujo vehicular en la estación 2 de la intersección II y se muestra el mayor valor total por cada 15 minutos. Luego se observa en la Tabla 8, el conteo según flujos y giros por cada 15 minutos, el total de vehículos en la hora pico y el porcentaje de participación de los vehículos livianos y pesados en el día miércoles, 08 de mayo del 2019.

Tabla 7: Formato de aforo vehicular de la Intersección II

HORA	AUTOS		STATION WAGON		CAMIONETAS		MICRO		BUS		CAMION		SEMI TRAYLER		TRAYLER		TOTAL 15 MIN		
	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	
	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	
7:00-7:15	72	1	67	5	30	0	3	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	174	6
7:15-7:30	132	11	95	8	67	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	295	21
7:30-7:45	154	12	111	11	72	2	1	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	343	25
7:45-8:00	141	3	146	10	58	3	0	0	2	0	5	0	2	0	0	0	0	354	16
8:00-8:15	142	1	153	6	63	1	1	0	0	0	8	0	1	0	0	0	0	368	8
8:15-8:30	86	4	69	5	50	1	0	0	0	0	9	0	1	0	1	0	0	216	10
8:30-8:45	78	6	64	2	42	5	1	0	0	0	7	0	4	0	0	0	0	196	13
8:45-9:00	56	4	61	5	40	3	0	0	0	0	6	0	0	0	1	0	0	164	12
12:00-12:15	49	6	44	8	30	2	0	0	0	0	6	0	2	0	0	0	0	131	16
12:15-12:30	51	2	48	1	34	2	0	0	1	0	6	0	0	0	1	0	0	141	5
12:30-12:45	55	5	60	8	29	1	1	1	0	0	6	0	1	0	0	0	0	152	15
12:45-13:00	54	4	56	6	38	2	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	159	12
13:00-13:15	53	9	58	6	36	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	152	15
13:15-13:30	59	5	51	4	38	3	0	0	0	0	8	1	0	0	0	0	0	156	13
13:30-13:45	55	1	54	4	42	2	0	0	2	0	8	0	0	0	0	0	0	161	7
13:45-14:00	61	5	59	3	48	0	0	0	0	0	9	1	0	0	0	0	0	177	9
18:00-18:15	65	2	55	4	47	3	1	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	178	9
18:15-18:30	52	8	55	6	37	5	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	150	19
18:30-18:45	60	1	66	3	38	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	167	4
18:45-19:00	64	6	62	7	40	2	0	0	0	0	5	0	2	0	0	0	0	173	15
19:00-19:15	52	2	53	4	29	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	136	7
19:15-19:30	64	7	66	3	36	2	1	0	0	0	7	0	1	0	1	0	0	176	12
19:30-19:45	48	1	56	4	24	1	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	132	6
19:45-20:00	61	2	59	4	24	2	0	0	0	0	7	0	1	0	0	0	0	152	8



FORMATO DE AFORO VEHICULAR
 AV. JORGE BASADRE GROHMANN - AV. GUSTAVO PINTO
 Mércules, 08 de Mayo del 2019
 SUR - NORTE
 E-02

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8:Conteo de flujos y giros de la Intersección II.

HORA	LIVIANO		PESADO	
	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO
	1	2	1	2
7:00-7:15	172	6	2	0
7:15-7:30	294	21	1	0
7:30-7:45	338	25	5	0
7:45-8:00	345	16	9	0
8:00-8:15	359	8	9	0
8:15-8:30	205	10	11	0
8:30-8:45	185	13	11	0
8:45-9:00	157	12	7	0
12:00-12:15	123	16	8	0
12:15-12:30	133	5	8	0
12:30-12:45	145	15	7	0
12:45-13:00	148	12	11	0
13:00-13:15	147	15	5	0
13:15-13:30	148	12	8	1
13:30-13:45	151	7	10	0
13:45-14:00	168	8	9	1
18:00-18:15	168	9	10	0
18:15-18:30	144	19	6	0
18:30-18:45	165	4	2	0
18:45-19:00	166	15	7	0
19:00-19:15	134	7	2	0
19:15-19:30	167	12	9	0
19:30-19:45	129	6	3	0
19:45-20:00	144	8	8	0
TOTALES	4435	281	168	2

HORA	LIVIANO		PESADO	
	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO
	1	2	1	2
7:30-7:45	1436	100	36	0

	1		2	
	LIVIANO	PESADO	LIVIANO	PESADO
TOTAL	1472		100	
PARTICIPACION	97.55%	2.45%	100.00%	0.00%

Fuente: Elaboración propia

Como parte de los aforos, fueron también registrados los tiempos de verde, ámbar y rojo de cada fase de los semáforos, conforme se puede visualizar en la. Figura 70.

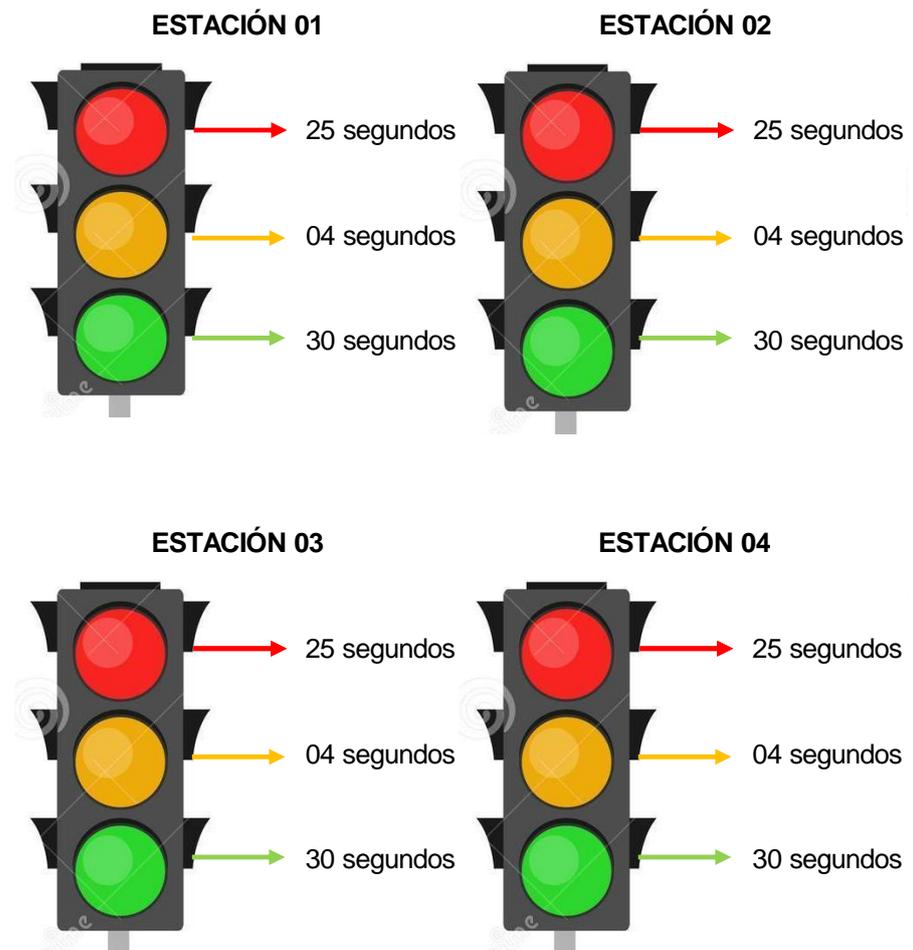


Figura 70: Ciclo semafórico de la intersección II.

Fuente: Elaboración propia

3.4.2.3. Intersección III: Avenida Jorge Basadre Grohmann - Avenida Gregorio Albarracín.

Para la Intersección III fueron identificados los movimientos presentes en ella, conforme muestra la Figura 71.

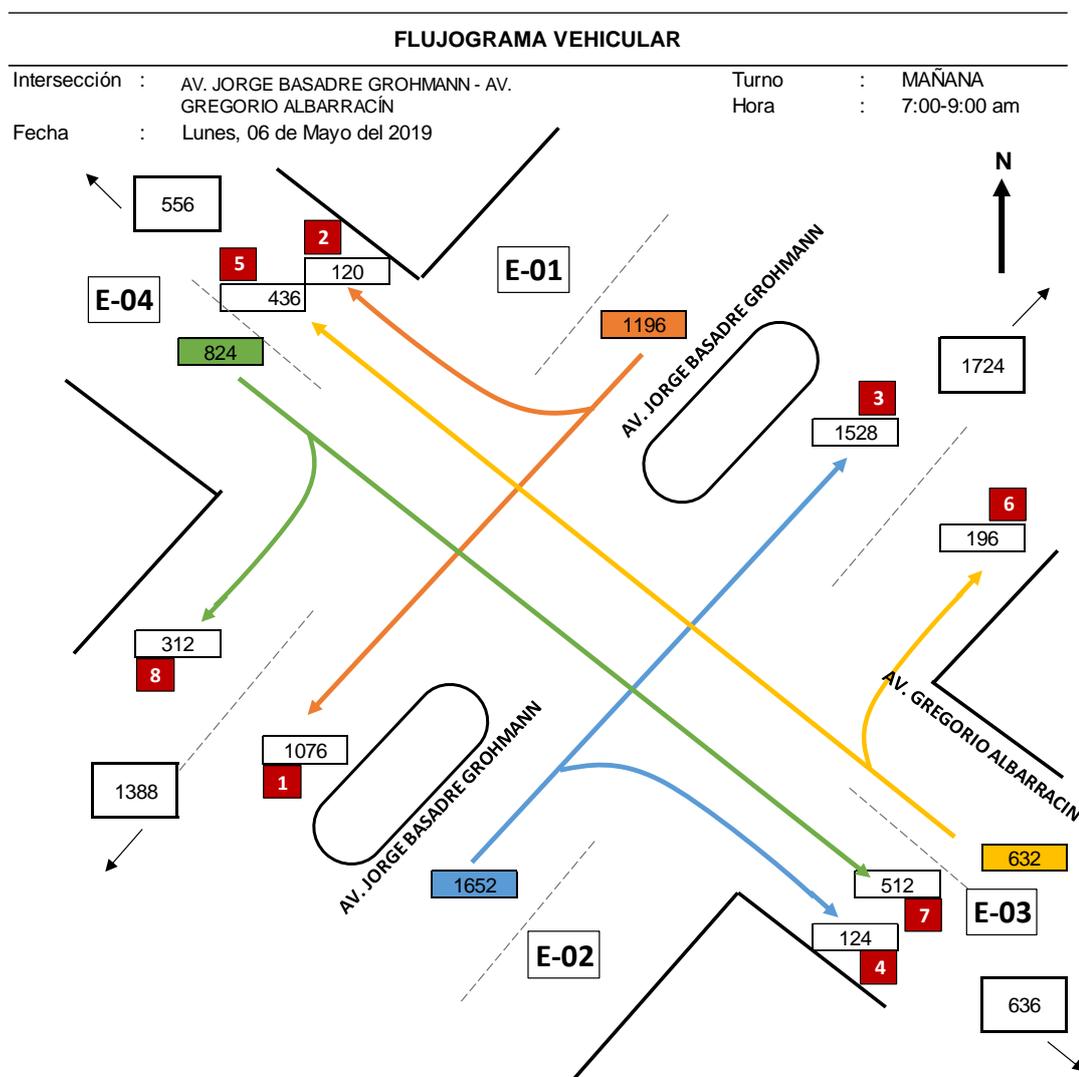


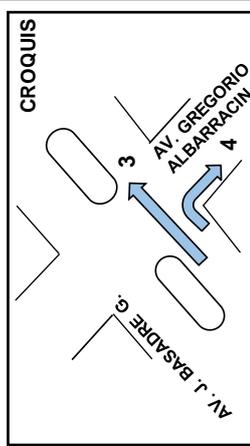
Figura 71: Identificación de movimientos de la Intersección III.

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 9 se presentan los datos del aforo vehicular según el día de mayor flujo vehicular en la estación 2 de la intersección III y se muestra el mayor valor total por cada 15 minutos. Luego se observa en la Tabla 10, el conteo según flujos y giros por cada 15 minutos, el total de vehículos en la hora pico y el porcentaje de participación de los vehículos livianos y pesados en el día lunes, 06 de mayo del 2019.

Tabla 9: Formato de aforo vehicular de la Intersección III

HORA	AUTOS		STATION WAGON		CAMIONETAS		MICRO		BUS		CAMION		SEMI TRAYLER		TRAYLER		TOTAL 15 MIN	
	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO
	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4
7:00-7:15	77	1	85	1	25	0	2	0	5	0	18	0	8	0	2	0	222	2
7:15-7:30	98	5	108	15	34	1	1	0	11	0	12	0	12	0	1	0	277	21
7:30-7:45	125	10	104	19	42	3	0	0	9	0	9	0	10	0	1	0	300	32
7:45-8:00	156	9	129	21	66	1	0	0	15	0	8	0	6	0	2	0	382	31
8:00-8:15	126	6	114	17	33	6	1	1	12	0	17	0	3	0	0	0	306	30
8:15-8:30	91	1	131	11	43	3	0	0	7	0	18	0	1	0	1	0	292	15
8:30-8:45	102	4	97	18	32	0	8	0	3	0	9	0	1	0	0	0	252	22
8:45-9:00	85	9	80	8	24	1	0	0	1	0	7	1	2	0	1	0	200	19
12:00-12:15	55	11	65	1	27	1	0	0	1	0	5	1	0	0	0	0	153	14
12:15-12:30	98	1	49	9	33	0	0	0	0	0	7	0	1	0	0	0	188	10
12:30-12:45	75	13	62	4	28	1	0	0	2	0	5	0	0	0	0	0	172	18
12:45-13:00	76	12	52	3	27	1	0	0	0	0	11	0	0	0	1	0	167	16
13:00-13:15	86	9	48	6	47	1	0	0	1	0	6	1	2	0	0	0	190	17
13:15-13:30	68	5	45	4	46	2	0	0	2	0	8	0	1	0	0	0	170	11
13:30-13:45	80	6	42	4	51	1	0	0	0	0	8	1	2	0	0	0	183	12
13:45-14:00	50	2	56	4	43	3	0	0	2	0	6	0	1	0	0	0	158	9
18:00-18:15	55	3	100	4	16	0	0	0	0	0	1	0	6	0	0	0	178	7
18:15-18:30	60	1	102	1	29	0	0	0	8	0	5	0	2	0	2	0	208	2
18:30-18:45	73	6	90	3	43	2	0	0	0	0	5	0	5	0	0	0	216	11
18:45-19:00	105	6	70	2	26	2	0	0	5	0	8	0	0	0	0	0	214	10
19:00-19:15	95	5	56	2	34	1	0	0	2	0	3	0	2	0	2	0	194	8
19:15-19:30	55	1	39	1	36	1	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	137	3
19:30-19:45	58	5	48	1	26	5	1	0	0	0	1	0	4	0	0	0	138	11
19:45-20:00	59	1	57	5	24	1	0	0	0	0	7	0	0	0	1	0	148	7



FORMATO DE AFORO VEHICULAR

INTERSECCIÓN: AV. JORGE BASADRE GROHMANN - AV. GREGORIO ALBARRACIN
FECHA: Lunes, 06 de Mayo del 2019
ACCESO: SUR - NORTE
ESTACIÓN: E-02

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10: Conteo de flujos y giros de la Intersección III.

HORA	LIVIANO		PESADO	
	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO
	1	2	1	2
7:00-7:15	189	2	33	0
7:15-7:30	241	21	36	0
7:30-7:45	271	32	29	0
7:45-8:00	351	31	31	0
8:00-8:15	274	30	32	0
8:15-8:30	265	15	27	0
8:30-8:45	239	22	13	0
8:45-9:00	189	18	11	1
12:00-12:15	147	13	6	1
12:15-12:30	180	10	8	0
12:30-12:45	165	18	7	0
12:45-13:00	155	16	12	0
13:00-13:15	181	16	9	1
13:15-13:30	159	11	11	0
13:30-13:45	173	11	10	1
13:45-14:00	149	9	9	0
18:00-18:15	171	7	7	0
18:15-18:30	191	2	17	0
18:30-18:45	206	11	10	0
18:45-19:00	201	10	13	0
19:00-19:15	185	8	9	0
19:15-19:30	130	3	7	0
19:30-19:45	133	11	5	0
19:45-20:00	140	7	8	0
TOTALES	4685	334	360	4

HORA	LIVIANO		PESADO	
	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO
	1	2	1	2
7:30-7:45	1404	124	124	0

	1		2	
	LIVIANO	PESADO	LIVIANO	PESADO
TOTAL	1528		124	
PARTICIPACION	91.88%	8.12%	100.00%	0.00%

Fuente: Elaboración propia

Como parte de los aforos, fueron también registrados los tiempos de verde, ámbar y rojo de cada fase de los semáforos, conforme se puede visualizar en la. Figura 72.

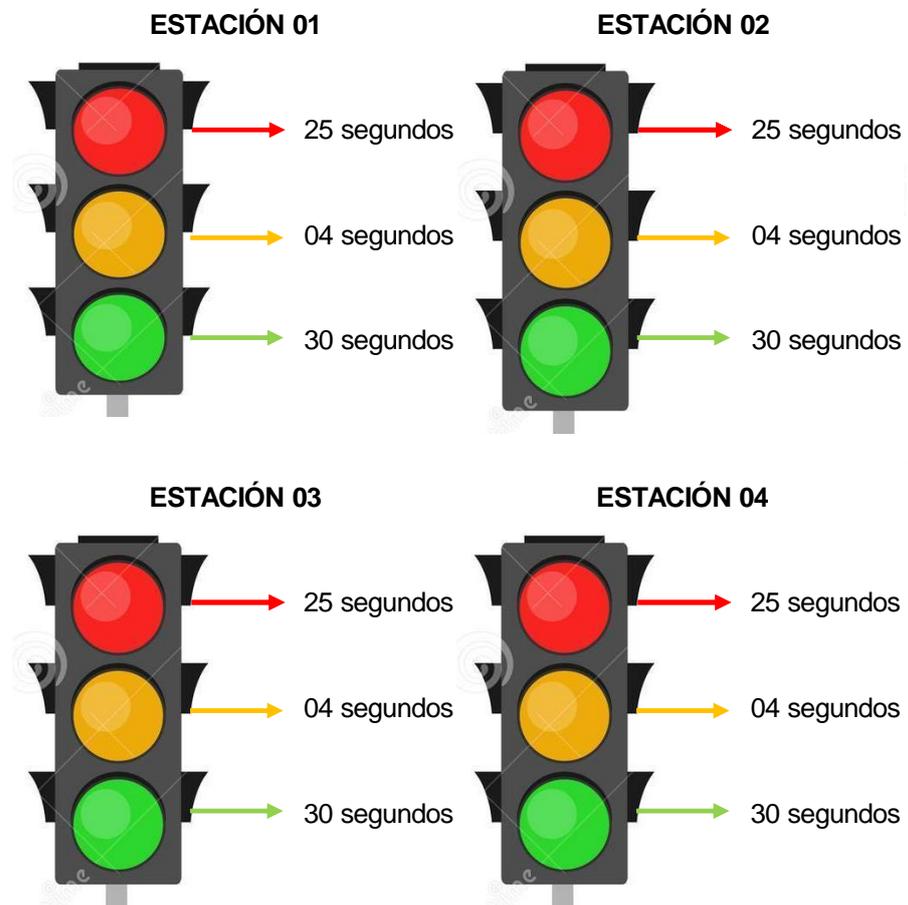


Figura 72: Ciclo semafórico de la intersección III.

Fuente: Elaboración propia

3.4.2.4. Intersección IV: Avenida Jorge Basadre Grohmann - Avenida Billinghurst

Para la Intersección IV fueron identificados los movimientos presentes en ella, conforme muestra la Figura 73.

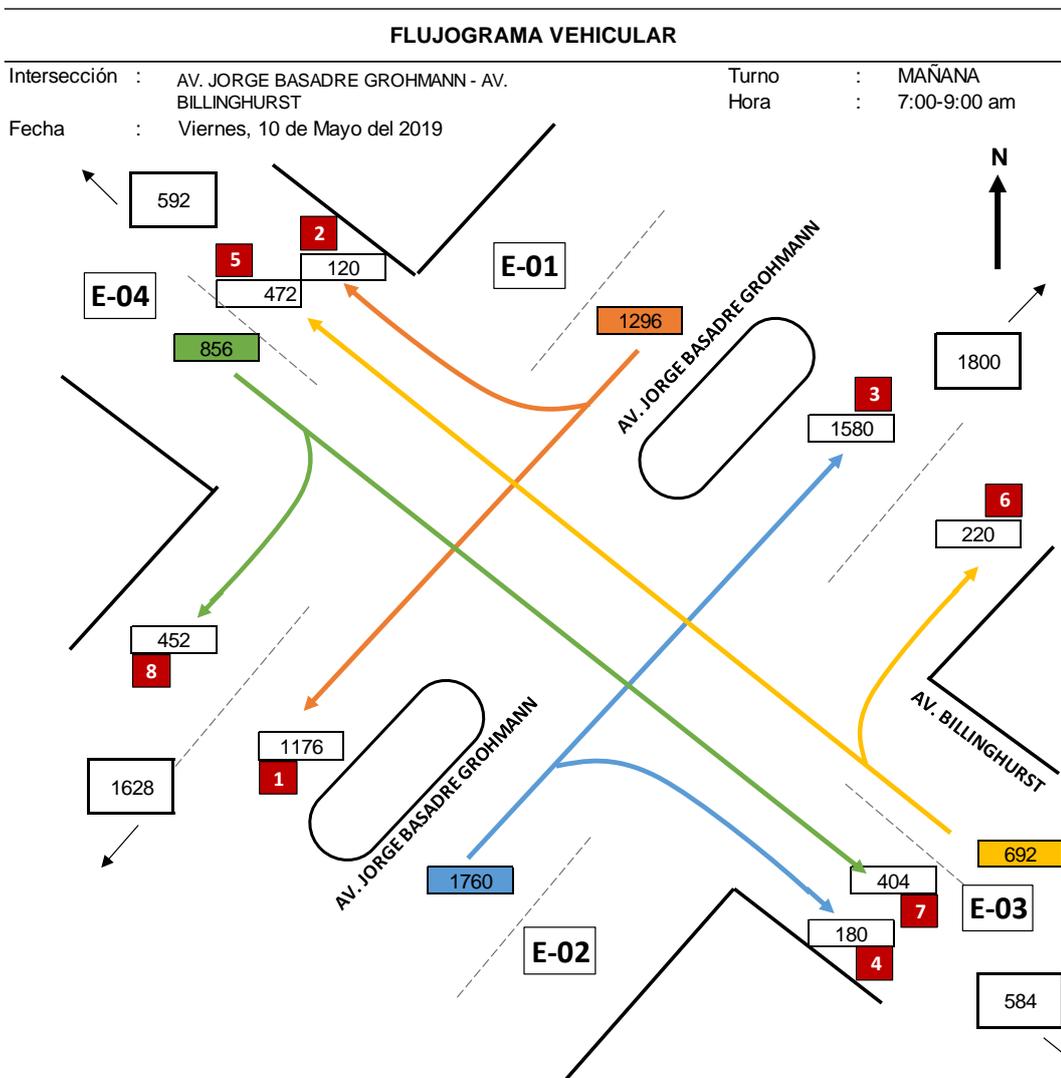


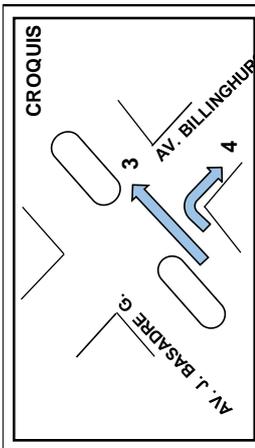
Figura 73: Identificación de movimientos de la Intersección IV.

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 11 se presentan los datos del aforo vehicular según el día de mayor flujo vehicular en la estación 2 de la intersección IV y se muestra el mayor valor total por cada 15 minutos. Luego se observa en la Tabla 12, el conteo según flujos y giros por cada 15 minutos, el total de vehículos en la hora pico y el porcentaje de participación de los vehículos livianos y pesados en el día miércoles, 08 de mayo del 2019.

Tabla 11: Identificación de hora pico de la Intersección IV

HORA	AUTOS		STATION WAGON		CAMIONETAS		MICRO		BUS		CAMION		SEMI TRAYLER		TRAYLER		TOTAL 15 MIN	
	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO
	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4
7:00-7:15	44	19	157	9	42	9	25	0	12	0	20	0	7	0	1	0	308	37
7:15-7:30	45	12	201	8	17	19	49	0	15	0	7	0	12	0	0	0	346	39
7:30-7:45	37	16	153	19	93	10	64	0	19	0	17	0	10	0	2	0	395	45
7:45-8:00	34	16	163	3	98	16	44	0	25	0	14	0	16	0	1	0	395	35
8:00-8:15	41	13	151	3	71	15	50	0	22	0	27	0	11	0	1	0	374	31
8:15-8:30	70	16	115	6	86	3	47	0	19	0	20	0	13	0	0	0	370	25
8:30-8:45	76	12	113	13	91	6	49	0	5	0	22	0	0	0	0	0	356	31
8:45-9:00	37	9	172	6	64	13	42	0	13	0	17	3	5	0	1	0	351	31
12:00-12:15	34	12	208	13	66	8	37	0	3	0	34	3	0	0	0	0	382	36
12:15-12:30	39	9	162	0	39	9	47	0	4	0	17	0	0	0	0	0	308	18
12:30-12:45	22	15	191	16	44	11	32	0	14	0	12	0	0	0	1	0	316	42
12:45-13:00	51	18	201	12	56	8	25	0	6	0	27	0	0	0	0	0	366	38
13:00-13:15	37	16	149	13	37	6	32	0	8	0	15	3	5	0	0	0	283	38
13:15-13:30	56	13	186	16	39	3	37	0	2	0	20	0	2	0	0	0	342	32
13:30-13:45	64	8	110	28	29	0	25	0	1	0	20	3	5	0	1	0	255	39
13:45-14:00	37	8	127	25	51	9	22	0	1	0	15	0	0	0	0	0	253	42
18:00-18:15	34	18	113	9	54	0	27	0	1	0	2	0	15	0	0	0	246	27
18:15-18:30	22	19	179	19	74	3	15	0	3	0	12	0	5	0	5	0	315	41
18:30-18:45	27	28	191	13	37	0	10	0	2	0	12	0	12	0	0	0	291	41
18:45-19:00	20	15	159	19	39	6	20	0	0	0	20	0	0	0	0	0	258	40
19:00-19:15	17	19	110	25	42	0	34	0	5	0	7	0	5	0	5	0	225	44
19:15-19:30	37	13	81	13	22	3	32	0	0	0	17	0	0	0	0	0	189	29
19:30-19:45	34	19	98	6	15	6	39	0	0	0	2	0	10	0	0	0	198	31
19:45-20:00	32	6	78	19	34	3	22	0	0	0	17	0	0	0	2	0	185	28



FORMATO DE AFORO VEHICULAR

INTERSECCIÓN: AV. JORGE BASADRE GROHMANN - AV. BILLINGHURST
 FECHA: Miércoles, 08 de Mayo del 2019
 ACCESO: SUR - NORTE
 ESTACIÓN: E-02

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12:Conteo de flujos y giros de la Intersección IV.

HORA	LIVIANO		PESADO	
	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO
	1	2	1	2
7:00-7:15	268	37	40	0
7:15-7:30	312	39	34	0
7:30-7:45	347	45	48	0
7:45-8:00	339	35	56	0
8:00-8:15	313	31	61	0
8:15-8:30	318	25	52	0
8:30-8:45	329	31	27	0
8:45-9:00	315	28	36	3
12:00-12:15	345	33	37	3
12:15-12:30	287	18	21	0
12:30-12:45	289	42	27	0
12:45-13:00	333	38	33	0
13:00-13:15	255	35	28	3
13:15-13:30	318	32	24	0
13:30-13:45	228	36	27	3
13:45-14:00	237	42	16	0
18:00-18:15	228	27	18	0
18:15-18:30	290	41	25	0
18:30-18:45	265	41	26	0
18:45-19:00	238	40	20	0
19:00-19:15	203	44	22	0
19:15-19:30	172	29	17	0
19:30-19:45	186	31	12	0
19:45-20:00	166	28	19	0
TOTALES	6581	828	726	12

HORA	LIVIANO		PESADO	
	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO
	1	2	1	2
7:30-7:45	1388	180	192	0
	1		2	
	LIVIANO	PESADO	LIVIANO	PESADO
TOTAL	1580		180	
PARTICIPACION	87.85%	12.15%	100.00%	0.00%

Fuente: Elaboración propia

Como parte de los aforos, fueron también registrados los tiempos de verde, ámbar y rojo de cada fase de los semáforos, conforme se puede visualizar en la. Figura 74.

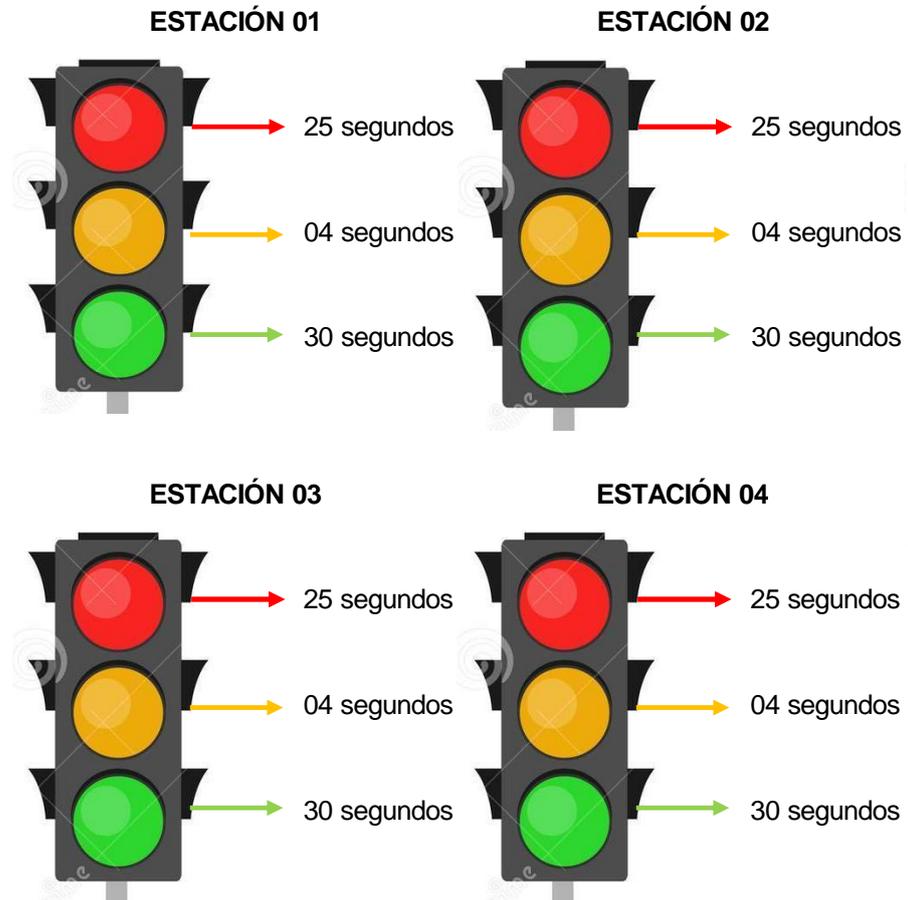


Figura 74: Ciclo semafórico de la intersección IV.

Fuente: Elaboración propia

3.5. Procesamiento y análisis de datos

3.5.1. Simulación de situación actual 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 primeras 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.

Tabla 13: Datos colocados en el programa

Intersección	Acceso	Volúmenes de vehículos mixtos por hora (1)		Velocidad máxima permitida en la zona (km/h)	Ancho de carril (m)	Pendiente de los accesos (%)	Porcentaje de vehículos pesados.		Ciclo semafórico (segundos)	Fases de semáforo
		Giro a la derecha	De frente				Giro a la derecha	De frente		
I	E-01	192	1232	60	3.6	-3	2%	0%	59	2
	E-02	188	1688	60	3.6	3	0%	0%	59	2
	E-03	256	540	60	3.2	2	0%	0%	59	2
	E-04	428	464	60	3.2	-2	0%	1%	59	2
II	E-01	124	1196	60	3.6	-3	1%	3%	59	2
	E-02	100	1472	60	3.6	3	0%	2%	59	2
	E-03	312	588	60	3.6	2	0%	0%	59	2
	E-04	576	440	60	3.6	-2	0%	1%	59	2
III	E-01	120	1076	60	3.6	-3	0%	12%	59	2
	E-02	124	1528	60	3.6	3	0%	11%	59	2
	E-03	196	328	60	3.6	2	0%	0%	59	2
	E-04	312	512	60	3.6	-2	0%	0%	59	2
IV	E-01	120	1176	60	3.6	-2	0%	11%	59	2
	E-02	180	1580	60	3.6	2	0%	14%	59	2
	E-03	220	472	60	3.6	2	0%	0%	59	2
	E-04	452	404	60	3.6	-2	0%	0%	59	2

Fuente: Elaboración propia

Insertamos la imagen satelital

Primero “File: Select Backgrounds”

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

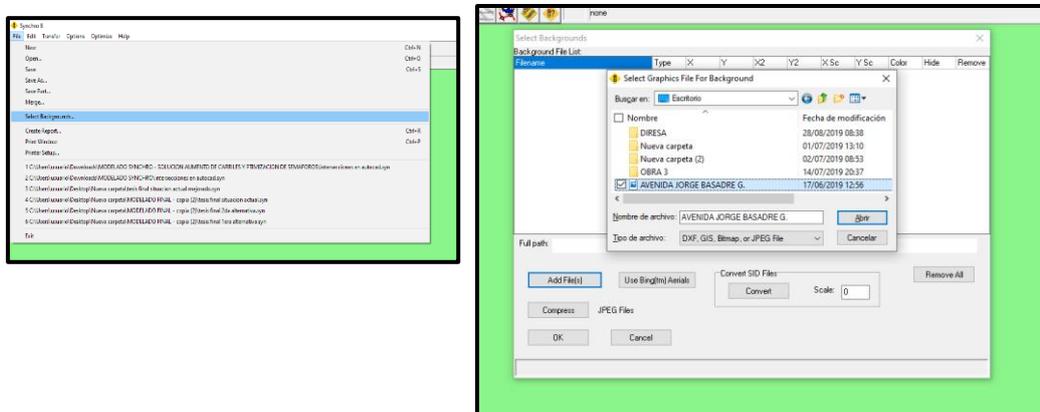


Figura 75: Manera de insertar la imagen satelital en el Synchro V8.0

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.

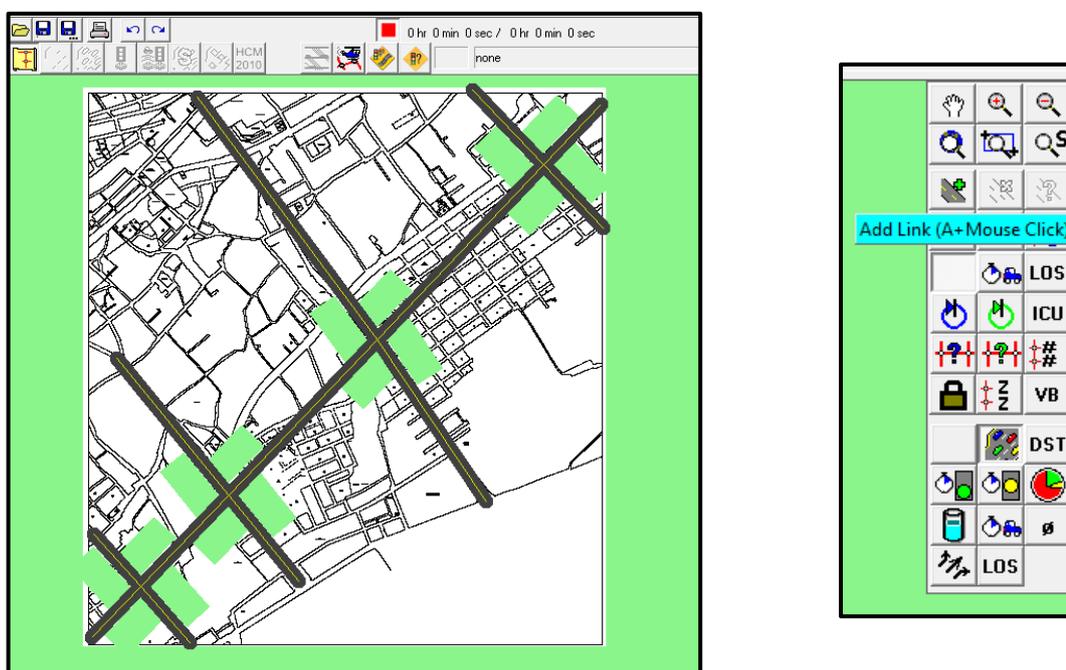


Figura 76: Trazo de vías Av. Jorge Basadre G. con sus Intersecciones en el Synchro V8.0

Fuente: Programa Synchro V8.0

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

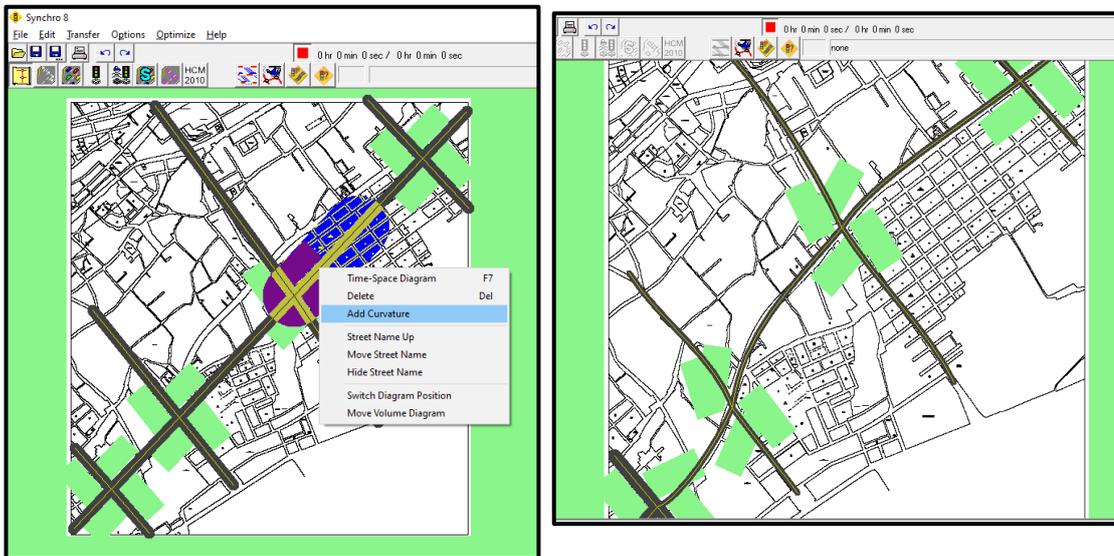
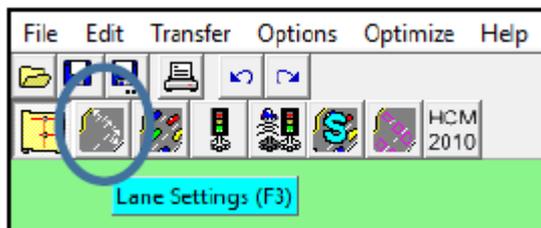


Figura 77: Curvas en la Av. Jorge Basadre G. con sus Intersecciones en el Synchro V8.0

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.

LANE SETTINGS	SEL	SET	SER	NWL	NWT	NWR	NEL	NET	NER	SWL	SWT	SWR
Lanes and Sharing (#RL)												
Traffic Volume (vph)												
Street Name	AV. JORGE BASADRE G.		AV. BASADRE Y FORERO			AV. BASADRE Y FORERO			AV. JORGE BASADRE G.			
Link Distance (m)		33.3			33.7			33.3			32.9	

Figura 78: Nombres de las vías de la avenida Jorge Basadre G. y Av Basadre y Forero

Fuente: Programa Synchro V8.0

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	SEL	SET	SER	NWL	NWT	NWR	NEL	NET	NER	SWL	SWT	SWR
Lanes and Sharing (#RL)		↗	↘		↖	↙		↗	↘		↖	↙
Traffic Volume (vph)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Street Name	BASADRE Y FORERO			BASADRE Y FORERO			JORGE BASADRE GROHMA			JORGE BASADRE GROHMA		
Link Distance (m)	385.3			409.3			1156.3			402.9		

Figura 79: Acceso de frente y giro a la derecha en la a Jorge Basadre G. y acceso compartido de frente y giro a la derecha Av Basadre y Forero
Fuente: Programa Synchro V8.0

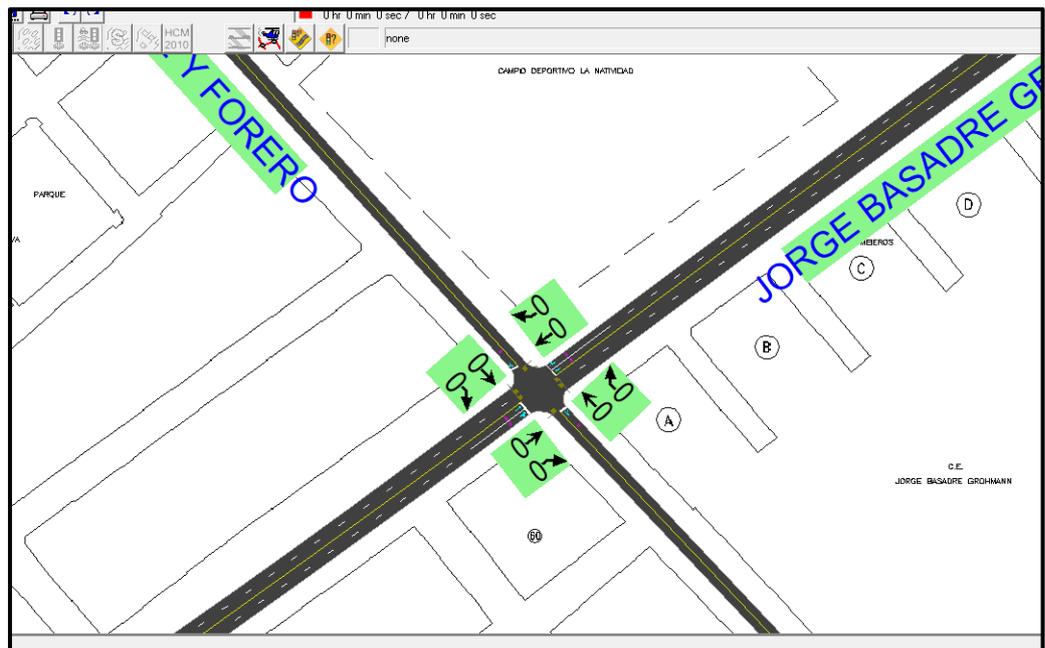


Figura 80: Grupo de carriles de entrada con sus respectivos giros en la intersección I
Fuente: Programa Synchro V8.0

En la segunda fila "Traffic Volume" se ingresaron los volúmenes de tráfico en vehículos mixtos por sentido de movimiento en cada acceso de entrada.

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	SEL	SET	SER	NWL	NWT	NWR	NEL	NET	NER	SWL	SWT	SWR
Lanes and Sharing (#PL)												
Traffic Volume (vph)	0	464	428	0	540	256	0	1688	188	0	1232	192
Street Name	BASADRE Y FORERO			BASADRE Y FORERO			JORGE BASADRE GROHMANN			JORGE BASADRE GROHMANN		
Link Distance (m)	385.3			409.3			1156.3			402.9		
Links Speed (km/h)	60			60			60			60		

Figura 81: Volumen de los flujos vehiculares en sus respectivos accesos en la intersección I: Av. Jorge Basadre G con Av. Basadre y Forero.
Fuente: Programa Synchro V8.0

LANE SETTINGS	SEL	SET	SER	NWL	NWT	NWR	NEL	NET	NER	SWL	SWT	SWR
Lanes and Sharing (#PL)												
Traffic Volume (vph)	0	440	576	0	588	312	0	1472	100	0	1216	148
Street Name	GUSTAVO PINTO			GUSTAVO PINTO			JORGE BASADRE GROHMANN			JORGE BASADRE GROHMANN		

Figura 82: Volumen de los flujos vehiculares en sus respectivos accesos en la intersección II: Av. Jorge Basadre G con Av. Gustavo Pinto.
Fuente: Programa Synchro V8.0

VOLUME SETTINGS	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	SEL	SET	SER	NWL	NWT	NWR
Lanes and Sharing (#PL)												
Traffic Volume (vph)	0	1528	124	0	1076	120	0	512	312	0	436	196

Figura 83: Volumen de los flujos vehiculares en sus respectivos accesos en la intersección III: Av. Jorge Basadre G con Av. Gregorio Albarracín.
Fuente: Programa Synchro V8.0

LANE SETTINGS	SEL	SET	SER	NWL	NWT	NWR	NEL	NET	NER	SWL	SWT	SWR
Lanes and Sharing (#PL)												
Traffic Volume (vph)	0	404	452	0	472	220	0	1580	180	0	1176	120
Street Name	BILLINGHURST			BILLINGHURST			JORGE BASADRE GROHMANN			JORGE BASADRE GROHMANN		

Figura 84: Volumen de los flujos vehiculares en sus respectivos accesos en la intersección IV: Av. Jorge Basadre G con Av. Billighurst.
Fuente: Programa Synchro V8.0

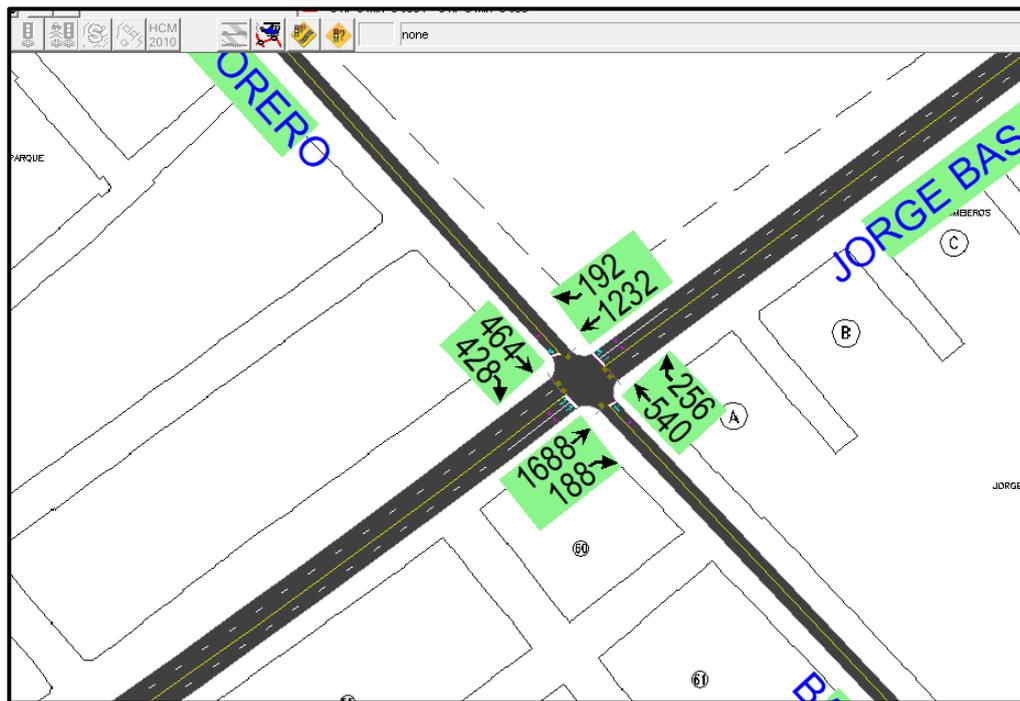


Figura 85: Flujos vehiculares por accesos y sentido de movimiento en la intersección I: Av. Jorge Basadre G con Av. Basadre y Forero.

Fuente: Programa Synchro V8.0



Figura 86: Flujos vehiculares por accesos y sentido de movimiento en la intersección II: Av. Jorge Basadre G con Av. Gustavo Pinto.

Fuente: Programa Synchro V8.0



Figura 87: Flujos vehiculares por accesos y sentido de movimiento en la intersección III: Av. Jorge Basadre G con Av. Gregorio Albarracín.

Fuente: Programa Synchro V8.0

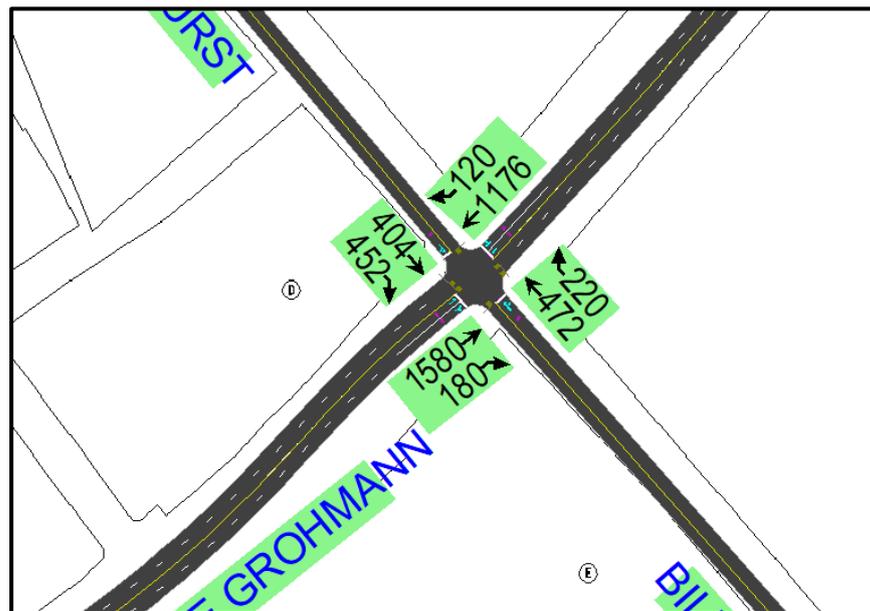


Figura 88: Flujos vehiculares por accesos y sentido de movimiento en la intersección IV: Av. Jorge Basadre G con Av. Billinghurst.

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.

LANE SETTINGS												
Lanes and Sharing (#RL)		↕			↕			↕			↕	
Traffic Volume (vph)	0	364	360	0	480	213	0	1602	136	0	1115	154
Street Name	BASADRE Y FORERO			BASADRE Y FORERO			AV. JORGE BASADRE G			JORGE BASADRE GROHMA		
Link Distance (m)	—	385.3	—	—	409.3	—	—	1162.7	—	—	402.9	—

Figura 89: Distancia de los cuatro accesos en la intersección I: Av. Jorge Basadre G con Av. Basadre y Forero

Fuente: Programa Synchro V8.0

LANE SETTINGS												
Lanes and Sharing (#RL)		↕			↕			↕			↕	
Traffic Volume (vph)	0	440	576	0	588	312	0	1472	100	0	1216	148
Street Name	GUSTAVO PINTO			GUSTAVO PINTO			JORGE BASADRE GROHMA			JORGE BASADRE GROHMA		
Link Distance (m)	—	445.1	—	—	297.0	—	—	1044.1	—	—	1156.3	—

Figura 90: Distancia de los cuatro accesos en la intersección II: Av. Jorge Basadre G con Av. Gustavo Pinto.

Fuente: Programa Synchro V8.0

LANE SETTINGS												
Lanes and Sharing (#RL)		↕			↕			↕			↕	
Traffic Volume (vph)	0	1528	124	0	1076	120	0	512	312	0	436	312
Street Name	JORGE BASADRE GROHMA			JORGE BASADRE GROHMA			GREGORIO ALBARRACIN			GREGORIO ALBARRACIN		
Link Distance (m)	—	692.2	—	—	1044.1	—	—	215.2	—	—	157.2	—

Figura 91: Distancia de los cuatro accesos en la intersección III: Av. Jorge Basadre G con Av. Gregorio Albarracín.

Fuente: Programa Synchro V8.0

LANE SETTINGS												
Lanes and Sharing (#RL)		↕			↕			↕			↕	
Traffic Volume (vph)	0	404	452	0	472	220	0	1580	180	0	1176	120
Street Name	BILLINGHURST			BILLINGHURST			JORGE BASADRE GROHMA			JORGE BASADRE GROHMA		
Link Distance (m)	—	307.7	—	—	342.0	—	—	318.5	—	—	692.2	—

Figura 92: Distancia de los cuatro accesos en la intersección IV: Av. Jorge Basadre G con Av. Billinghurst.

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 60 km/h. Siendo este cálculo no muy relevante para el estudio del nivel de servicio y de capacidad de la intersección.

LANE SETTINGS	SEL	SET	SER	NWL	NWT	NWR	NEL	NET	NER	SWL	SWT	SWR
Lanes and Sharing (#RL)		↕			↕			↕			↕	
Traffic Volume (vph)	0	464	428	0	540	256	0	1688	188	0	1232	192
Street Name	BASADRE Y FORERO			BASADRE Y FORERO			JORGE BASADRE GROHMA			JORGE BASADRE GROHMA		
Link Distance (m)		385.3			409.3			1156.3			402.9	
Links Speed (km/h)		60			60			60			60	

Figura 93: Velocidad de aproximación de los vehículos por acceso en la intersección I: Av. Jorge Basadre G con Av. Basadre y Forero.

Fuente: Programa Synchro V8.0

LANE SETTINGS	SEL	SET	SER	NWL	NWT	NWR	NEL	NET	NER	SWL	SWT	SWR
Lanes and Sharing (#RL)		↕			↕			↕			↕	
Traffic Volume (vph)	0	440	576	0	588	312	0	1472	100	0	1216	148
Street Name	GUSTAVO PINTO			GUSTAVO PINTO			JORGE BASADRE GROHMA			JORGE BASADRE GROHMA		
Link Distance (m)		445.1			297.0			1044.1			1156.3	
Links Speed (km/h)		60			60			60			60	

Figura 94: Velocidad de aproximación de los vehículos por acceso en la intersección II: Av. Jorge Basadre G con Av. Gustavo Pinto.

Fuente: Programa Synchro V8.0

LANE SETTINGS	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	SEL	SET	SER	NWL	NWT	NWR
Lanes and Sharing (#RL)		↕			↕			↕			↕	
Traffic Volume (vph)	0	1528	124	0	1076	120	0	512	312	0	436	312
Street Name	JORGE BASADRE GROHMA			JORGE BASADRE GROHMA			GREGORIO ALBARRACIN			GREGORIO ALBARRACIN		
Link Distance (m)		692.2			1044.1			215.2			157.2	
Links Speed (km/h)		60			60			60			60	

Figura 95: Velocidad de aproximación de los vehículos por acceso en la intersección III: Av. Jorge Basadre G con Av. Gregorio Albarracín.

Fuente: Programa Synchro V8.0

LANE SETTINGS	SEL	SET	SER	NWL	NWT	NWR	NEL	NET	NER	SWL	SWT	SWR
Lanes and Sharing (#RL)		↕			↕			↕			↕	
Traffic Volume (vph)	0	404	452	0	472	220	0	1580	180	0	1176	120
Street Name	BILLINGHURST			BILLINGHURST			JORGE BASADRE GROHMA			JORGE BASADRE GROHMA		
Link Distance (m)		307.7			342.0			318.5			692.2	
Links Speed (km/h)		60			60			60			60	

Figura 96: Velocidad de aproximación de los vehículos por acceso en la intersección IV: Av. Jorge Basadre G con Av. Billinghurst.

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.

LANE SETTINGS												
	SEL	SET	SER	NWL	NWT	NWR	NEL	NET	NER	SWL	SWT	SWR
Lanes and Sharing (#RL)		↕			↕			↕↕			↕↕	
Traffic Volume (vph)	0	464	428	0	540	256	0	1688	188	0	1232	192
Street Name	BASADRE Y FORERO			BASADRE Y FORERO			JORGE BASADRE GROHMA			JORGE BASADRE GROHMA		
Link Distance (m)	—	385.3	—	—	409.3	—	—	1156.3	—	—	402.9	—
Links Speed (km/h)	—	60	—	—	60	—	—	60	—	—	60	—
Set Arterial Name and Speed	—	SE	—	—	NW	—	—	NE	—	—	SW	—
Travel Time (s)	—	23.1	—	—	24.6	—	—	69.4	—	—	24.2	—

Figura 97: Tiempos de viaje por cada acceso en la intersección I: Av. Jorge Basadre G con Av. Basadre y Forero.

Fuente: Programa Synchro V8.0

LANE SETTINGS												
	SEL	SET	SER	NWL	NWT	NWR	NEL	NET	NER	SWL	SWT	SWR
Traffic Volume (vph)	0	440	576	0	588	312	0	1472	100	0	1216	148
Street Name	GUSTAVO PINTO			GUSTAVO PINTO			JORGE BASADRE GROHMA			JORGE BASADRE GROHMA		
Link Distance (m)	—	445.1	—	—	297.0	—	—	1044.1	—	—	1156.3	—
Links Speed (km/h)	—	60	—	—	60	—	—	60	—	—	60	—
Set Arterial Name and Speed	—	SE	—	—	NW	—	—	NE	—	—	SW	—
Travel Time (s)	—	26.7	—	—	17.8	—	—	62.6	—	—	69.4	—

Figura 98: Tiempos de viaje por cada acceso en la intersección II: Av. Jorge Basadre G con Av. Gustavo Pinto.

Fuente: Programa Synchro V8.0

LANE SETTINGS												
	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	SEL	SET	SER	NWL	NWT	NWR
Lanes and Sharing (#RL)		↕↕			↕↕			↕			↕	
Traffic Volume (vph)	0	1528	124	0	1076	120	0	512	312	0	436	312
Street Name	JORGE BASADRE GROHMA			JORGE BASADRE GROHMA			GREGORIO ALBARRACIN			GREGORIO ALBARRACIN		
Link Distance (m)	—	692.2	—	—	1044.1	—	—	215.2	—	—	157.2	—
Links Speed (km/h)	—	60	—	—	60	—	—	60	—	—	60	—
Set Arterial Name and Speed	—	NB	—	—	SB	—	—	SE	—	—	NW	—
Travel Time (s)	—	41.5	—	—	62.6	—	—	12.9	—	—	9.4	—

Figura 99: Tiempos de viaje por cada acceso en la intersección III: Av. Jorge Basadre G con Av. Gregorio Albarracin.

Fuente: Programa Synchro V8.0

LANE SETTINGS	SEL	SET	SER	NWL	NWT	NWR	NEL	NET	NER	SWL	SWT	SWR
Lanes and Sharing (#RL)		↕			↕			↕↕			↕↕	
Traffic Volume (vph)	0	404	452	0	472	220	0	1580	180	0	1176	120
Street Name	BILLINGHURST			BILLINGHURST			JORGE BASADRE GROHMA			JORGE BASADRE GROHMA		
Link Distance (m)	—	307.7	—	—	342.0	—	—	318.5	—	—	692.2	—
Links Speed (km/h)	—	60	—	—	60	—	—	60	—	—	60	—
Set Arterial Name and Speed	—	SE	—	—	NW	—	—	NE	—	—	SW	—
Travel Time (s)	—	18.5	—	—	20.5	—	—	19.1	—	—	41.5	—

Figura 100: Tiempos de viaje por cada acceso en la intersección IV: Av. Jorge Basadre G con Av. Billinghurst.

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).

LANE SETTINGS	SEL	SET	SER	NWL	NWT	NWR	NEL	NET	NER	SWL	SWT	SWR
Lanes and Sharing (#RL)		↕			↕			↕↕			↕↕	
Traffic Volume (vph)	0	464	428	0	540	256	0	1688	188	0	1232	192
Street Name	BASADRE Y FORERO			BASADRE Y FORERO			JORGE BASADRE GROHMA			JORGE BASADRE GROHMA		
Link Distance (m)	—	385.3	—	—	409.3	—	—	1156.3	—	—	402.9	—
Links Speed (km/h)	—	60	—	—	60	—	—	60	—	—	60	—
Set Arterial Name and Speed	—	SE	—	—	NW	—	—	NE	—	—	SW	—
Travel Time (s)	—	23.1	—	—	21.6	—	—	69.4	—	—	21.2	—
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900

Figura 101: Flujo de saturación ideal básico recomendado por el HCM 2010. en la intersección I: Av. Jorge Basadre G con Av. Basadre y Forero.

Fuente: Programa Synchro V8.0

LANE SETTINGS	SEL	SET	SER	NWL	NWT	NWR	NEL	NET	NER	SWL	SWT	SWR
Lanes and Sharing (#RL)		↕			↕			↕↕			↕↕	
Traffic Volume (vph)	0	440	576	0	588	312	0	1472	100	0	1216	148
Street Name	GUSTAVO PINTO			GUSTAVO PINTO			JORGE BASADRE GROHMA			JORGE BASADRE GROHMA		
Link Distance (m)	—	445.1	—	—	297.0	—	—	1044.1	—	—	1156.3	—
Links Speed (km/h)	—	60	—	—	60	—	—	60	—	—	60	—
Set Arterial Name and Speed	—	SE	—	—	NW	—	—	NE	—	—	SW	—
Travel Time (s)	—	26.7	—	—	17.8	—	—	62.6	—	—	69.4	—
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900

Figura 102: Flujo de saturación ideal básico recomendado por el HCM 2010. en la intersección II: Av. Jorge Basadre G con Av. Gustavo Pinto.

Fuente: Programa Synchro V8.0

LANE SETTINGS												
Lanes and Sharing (#RL)		↑↑			↑↑			↑				↑
Traffic Volume (vph)	0	1528	124	0	1076	120	0	512	312	0	436	312
Street Name	JORGE BASADRE GROHMA			JORGE BASADRE GROHMA			GREGORIO ALBARRACIN			GREGORIO ALBARRACIN		
Link Distance (m)	—	692.2	—	—	1044.1	—	—	215.2	—	—	157.2	—
Links Speed (km/h)	—	60	—	—	60	—	—	60	—	—	60	—
Set Arterial Name and Speed	—	NB	—	—	SB	—	—	SE	—	—	NW	—
Travel Time (s)	—	41.5	—	—	62.6	—	—	12.9	—	—	9.4	—
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900

Figura 103: Flujo de saturación ideal básico recomendado por el HCM 2010. en la intersección III: Av. Jorge Basadre G con Av. Gregorio Albarracín.

Fuente: Programa Synchro V8.0

LANE SETTINGS												
Lanes and Sharing (#RL)		↑			↑			↑↑				↑↑
Traffic Volume (vph)	0	404	452	0	472	220	0	1580	180	0	1176	120
Street Name	BILLINGHURST			BILLINGHURST			JORGE BASADRE GROHMA			JORGE BASADRE GROHMA		
Link Distance (m)	—	307.7	—	—	342.0	—	—	318.5	—	—	692.2	—
Links Speed (km/h)	—	60	—	—	60	—	—	60	—	—	60	—
Set Arterial Name and Speed	—	SE	—	—	NW	—	—	NE	—	—	SW	—
Travel Time (s)	—	18.5	—	—	20.5	—	—	18.1	—	—	41.5	—
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900

Figura 104: Flujo de saturación ideal básico recomendado por el HCM 2010. en la intersección IV: Av. Jorge Basadre G con Av. Billinghamurst.

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.

LANE SETTINGS												
Lanes and Sharing (#RL)		↑			↑			↑↑				↑↑
Traffic Volume (vph)	0	464	428	0	540	256	0	1688	188	0	1232	192
Street Name	BASADRE Y FORERO			BASADRE Y FORERO			JORGE BASADRE GROHMA			JORGE BASADRE GROHMA		
Link Distance (m)	—	385.3	—	—	409.3	—	—	1156.3	—	—	402.9	—
Links Speed (km/h)	—	60	—	—	60	—	—	60	—	—	60	—
Set Arterial Name and Speed	—	SE	—	—	NW	—	—	NE	—	—	SW	—
Travel Time (s)	—	23.1	—	—	24.6	—	—	69.4	—	—	24.2	—
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1

Figura 105: Ancho de carriles por cada acceso en la intersección I: Av. Jorge Basadre G con Av. Basadre y Forero.

Fuente: Programa Synchro V8.0

LANE SETTINGS												
Lanes and Sharing (#RL)	↑↓			↑↓			↑↓			↑↓		
Traffic Volume (vph)	0	440	576	0	588	312	0	1472	100	0	1216	148
Street Name	GUSTAVO PINTO			GUSTAVO PINTO			JORGE BASADRE GROHMA			JORGE BASADRE GROHMA		
Link Distance (m)	445.1			297.0			1044.1			1156.3		
Links Speed (km/h)	60			60			60			60		
Set Arterial Name and Speed	SE			NW			NE			SW		
Travel Time (s)	26.7			17.8			62.6			63.4		
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.6	4.8	4.8	3.6	4.1	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	4.2	4.2

Figura 106: Ancho de carriles por cada acceso en la intersección II: Av. Jorge Basadre G con Av. Gustavo Pinto.

Fuente: Programa Synchro V8.0

LANE SETTINGS												
Lanes and Sharing (#RL)	↑↓			↑↓			↑↓			↑↓		
Traffic Volume (vph)	0	1528	124	0	1076	120	0	512	312	0	436	312
Street Name	JORGE BASADRE GROHMA			JORGE BASADRE GROHMA			GREGORIO ALBARRACIN			GREGORIO ALBARRACIN		
Link Distance (m)	692.2			1044.1			215.2			157.2		
Links Speed (km/h)	60			60			60			60		
Set Arterial Name and Speed	NB			SB			SE			NW		
Travel Time (s)	41.5			62.6			12.9			9.4		
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.6	3.3	3.3	3.6	4.8	4.8	3.6	4.2	4.2	3.6	4.0	4.0

Figura 107: Ancho de carriles por cada acceso en la intersección III: Av. Jorge Basadre G con Av. Gregorio Albarracín.

Fuente: Programa Synchro V8.0

LANE SETTINGS												
Lanes and Sharing (#RL)	↑↓			↑↓			↑↓			↑↓		
Traffic Volume (vph)	0	404	452	0	472	220	0	1580	180	0	1176	120
Street Name	BILLINGHURST			BILLINGHURST			JORGE BASADRE GROHMA			JORGE BASADRE GROHMA		
Link Distance (m)	307.7			342.0			318.5			692.2		
Links Speed (km/h)	60			60			60			60		
Set Arterial Name and Speed	SE			NW			NE			SW		
Travel Time (s)	18.5			20.5			19.1			41.5		
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.6	3.6	3.6	3.6	4.6	4.6	3.6	3.2	3.2	3.6	3.1	3.1

Figura 108: Ancho de carriles por cada acceso en la intersección IV: Av. Jorge Basadre G con Av. Billinghurst.

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												
Lanes and Sharing (#RL)	↑			↑			↑↑			↑↑		
Traffic Volume (vph)	0	464	428	0	540	256	0	1688	188	0	1232	192
Street Name	BASADRE Y FORERO			BASADRE Y FORERO			JORGE BASADRE GROHMA			JORGE BASADRE GROHMA		
Link Distance (m)	—	385.3	—	—	409.3	—	—	1156.3	—	—	402.9	—
Links Speed (km/h)	—	60	—	—	60	—	—	60	—	—	60	—
Set Arterial Name and Speed	SE			NW			NE			SW		
Travel Time (s)	—	23.1	—	—	24.6	—	—	69.4	—	—	24.2	—
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1
Grade (%)	—	-2	—	—	2	—	—	3	—	—	-3	—

Figura 109: Pendiente de aproximación de los accesos de la intersección I: Av. Jorge Basadre G con Av. Basadre y Forero.

Fuente: Programa Synchro V8.0

LANE SETTINGS												
Lanes and Sharing (#RL)	↑			↑			↑↑			↑↑		
Traffic Volume (vph)	0	440	576	0	588	312	0	1472	100	0	1216	148
Street Name	GUSTAVO PINTO			GUSTAVO PINTO			JORGE BASADRE GROHMA			JORGE BASADRE GROHMA		
Link Distance (m)	—	445.1	—	—	297.0	—	—	1044.1	—	—	1156.3	—
Links Speed (km/h)	—	60	—	—	60	—	—	60	—	—	60	—
Set Arterial Name and Speed	SE			NW			NE			SW		
Travel Time (s)	—	26.7	—	—	17.8	—	—	62.6	—	—	69.4	—
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.6	4.8	4.8	3.6	4.1	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	4.2	4.2
Grade (%)	—	-2	—	—	2	—	—	3	—	—	-3	—

Figura 110: Pendiente de aproximación de los accesos de la intersección II: Av. Jorge Basadre G con Av. Gustavo Pinto.

Fuente: Programa Synchro V8.0

LANE SETTINGS												
Lanes and Sharing (#RL)	↑↑			↑↑			↑			↑		
Traffic Volume (vph)	0	1528	124	0	1076	120	0	512	312	0	436	312
Street Name	JORGE BASADRE GROHMA			JORGE BASADRE GROHMA			GREGORIO ALBARRACIN			GREGORIO ALBARRACIN		
Link Distance (m)	—	692.2	—	—	1044.1	—	—	215.2	—	—	157.2	—
Links Speed (km/h)	—	60	—	—	60	—	—	60	—	—	60	—
Set Arterial Name and Speed	NB			SB			SE			NW		
Travel Time (s)	—	41.5	—	—	62.6	—	—	12.9	—	—	9.4	—
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.6	3.6	3.6	3.6	4.0	4.0	3.6	4.2	4.2	3.6	4.0	4.0
Grade (%)	—	3	—	—	-3	—	—	-2	—	—	2	—

Figura 111: Pendiente de aproximación de los accesos de la intersección III: Av. Jorge Basadre G con Av. Gregorio Albarracín.

Fuente: Programa Synchro V8.0

LANE SETTINGS												
	SEL	SET	SER	NWL	NWT	NWR	NEL	NET	NER	SWL	SWT	SWR
Lanes and Sharing (#RL)												
Traffic Volume (vph)	0	404	452	0	472	220	0	1580	180	0	1176	120
Street Name	BILLINGHURST			BILLINGHURST			JORGE BASADRE GROHMA			JORGE BASADRE GROHMA		
Link Distance (m)	—	307.7	—	—	342.0	—	—	318.5	—	—	692.2	—
Links Speed (km/h)	—	60	—	—	60	—	—	60	—	—	60	—
Set Arterial Name and Speed	—	SE	—	—	NW	—	—	NE	—	—	SW	—
Travel Time (s)	—	18.5	—	—	20.5	—	—	19.1	—	—	41.5	—
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.6	3.6	3.6	3.6	4.6	4.6	3.6	3.2	3.2	3.6	3.1	3.1
Grade (%)	—	-2	—	—	2	—	—	2	—	—	-2	—

Figura 112: Pendiente de aproximación de los accesos de la intersección IV: Av. Jorge Basadre G con Av. Billinghurst.

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.

Right Turn Factor	—	0.935	—	—	0.957	—	—	0.985	—	—	0.980	—
Left Turn Factor (prot)	—	1.000	—	—	1.000	—	—	1.000	—	—	1.000	—
Saturated Flow Rate (prot)	—	1715	—	—	1720	—	—	3308	—	—	3391	—
Left Turn Factor (perm)	—	1.000	—	—	1.000	—	—	1.000	—	—	1.000	—
Right Ped Bike Factor	—	1.000	—	—	1.000	—	—	1.000	—	—	1.000	—
Left Ped Factor	—	1.000	—	—	1.000	—	—	1.000	—	—	1.000	—
Saturated Flow Rate (perm)	—	1715	—	—	1720	—	—	3308	—	—	3391	—

Figura 113: Cálculos de los factores que afectan el flujo de saturación realizado en el software Synchro V8.0 basados en el HCM 2010 en la intersección I: Av. Jorge Basadre G con Av. Basadre y Forero.

Fuente: Programa Synchro V8.0

Right Turn Factor	—	0.923	—	—	0.953	—	—	0.990	—	—	0.984	—
Left Turn Factor (prot)	—	1.000	—	—	1.000	—	—	1.000	—	—	1.000	—
Saturated Flow Rate (prot)	—	1960	—	—	1863	—	—	3507	—	—	3811	—
Left Turn Factor (perm)	—	1.000	—	—	1.000	—	—	1.000	—	—	1.000	—
Right Ped Bike Factor	—	0.976	—	—	0.984	—	—	0.996	—	—	0.991	—
Left Ped Factor	—	1.000	—	—	1.000	—	—	1.000	—	—	1.000	—
Saturated Flow Rate (perm)	—	1960	—	—	1863	—	—	3507	—	—	3811	—

Figura 114: Cálculos de los factores que afectan el flujo de saturación realizado en el software Synchro V8.0 basados en el HCM 2010 en la intersección II: Av. Jorge Basadre G con Av. Gustavo Pinto.

Fuente: Programa Synchro V8.0

Right Turn Factor	—	0.989	—	—	0.985	—	—	0.949	—	—	0.944	—
Left Turn Factor (prot)	—	1.000	—	—	1.000	—	—	1.000	—	—	1.000	—
Saturated Flow Rate (prot)	—	3074	—	—	3671	—	—	1909	—	—	1825	—
Left Turn Factor (perm)	—	1.000	—	—	1.000	—	—	1.000	—	—	1.000	—
Right Ped Bike Factor	—	0.996	—	—	0.994	—	—	0.991	—	—	0.988	—
Left Ped Factor	—	1.000	—	—	1.000	—	—	1.000	—	—	1.000	—
Saturated Flow Rate (perm)	—	3074	—	—	3671	—	—	1909	—	—	1825	—

Figura 115: Cálculos de los factores que afectan el flujo de saturación realizado en el software Synchro V8.0 basados en el HCM 2010 en la intersección III: Av. Jorge Basadre G con Av. Gregorio Albarracín.

Fuente: Programa Synchro V8.0

Right Turn Factor	—	0.929	—	—	0.957	—	—	0.985	—	—	0.986	—
Left Turn Factor (prot)	—	1.000	—	—	1.000	—	—	1.000	—	—	1.000	—
Saturated Flow Rate (prot)	—	1575	—	—	1780	—	—	3013	—	—	3031	—
Left Turn Factor (perm)	—	1.000	—	—	1.000	—	—	1.000	—	—	1.000	—
Right Ped Bike Factor	—	0.982	—	—	0.989	—	—	0.995	—	—	0.992	—
Left Ped Factor	—	1.000	—	—	1.000	—	—	1.000	—	—	1.000	—
Saturated Flow Rate (perm)	—	1575	—	—	1780	—	—	3013	—	—	3031	—

Figura 116: Cálculos de los factores que afectan el flujo de saturación realizado en el software Synchro V8.0 basados en el HCM 2010 en la intersección IV: Av. Jorge Basadre G con Av. Billinghamurst.

Fuente: Programa Synchro V8.0

Configuración de volúmenes

En el tercer cuadro “Volumen Settings” se ingresó la información recolectada con respecto a la configuración de volúmenes de la siguiente manera:



Las dos primeras filas “Lanes and Sharing” y “Traffic Volume” es la misma 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 crítica. Siendo este dato no muy relevante para el estudio del nivel de servicio y de capacidad de la intersección, ya que es una vía de alto tránsito.

VOLUME SETTINGS	SEL	SET	SER	NWL	NWT	NWR	NEL	NET	NER	SWL	SWT	SWR
Lanes and Sharing (#RL)			↑			↑			↑↓			↑↓
Traffic Volume (vph)	0	404	420	0	540	250	0	1000	100	0	1200	100
Conflicting Peds. (#/hr)	0	—	12	0	—	8	0	—	12	0	—	8
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0

Figura 117: Número de peatones por hora que cruzan en cada acceso en la intersección I: Av. Jorge Basadre G con Av. Basadre y Forero.

Fuente: Programa Synchro V8.0

VOLUME SETTINGS	SEL	SET	SER	NWL	NWT	NWR	NEL	NET	NER	SWL	SWT	SWR
Lanes and Sharing (#RL)			↑			↑			↑↓			↑↓
Traffic Volume (vph)	0	440	526	0	590	312	0	1472	100	0	1216	140
Conflicting Peds. (#/hr)	12	—	18	20	—	20	12	—	12	16	—	16
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0

Figura 118: Número de peatones por hora que cruzan en cada acceso en la intersección II: Av. Jorge Basadre G con Av. Gustavo Pinto.

Fuente: Programa Synchro V8.0

VOLUME SETTINGS	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	SEL	SET	SER	NWL	NWT	NWR
Lanes and Sharing (#RL)			↑↓			↑↓			↑			↑
Traffic Volume (vph)	0	1528	124	0	1076	120	0	512	312	0	436	312
Conflicting Peds. (#/hr)	16	—	16	0	—	20	8	—	12	16	—	16

Figura 119: Número de peatones por hora que cruzan en cada acceso en la intersección III: Av. Jorge Basadre G con Av. Gregorio Albarracín.

Fuente: Programa Synchro V8.0

VOLUME SETTINGS	SEL	SET	SER	NWL	NWT	NWR	NEL	NET	NER	SWL	SWT	SWR
Lanes and Sharing (#RL)			↑			↑			↑↓			↑↓
Traffic Volume (vph)	0	404	452	0	472	220	0	1580	180	0	1176	120
Conflicting Peds. (#/hr)	8	—	12	12	—	16	12	—	12	24	—	28
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	—	1	—	—	0	—	—	0	—	—	2

Figura 120: Número de peatones por hora que cruzan en cada acceso en la intersección IV: Av. Jorge Basadre G con Av. Billinghamurst.

Fuente: Programa Synchro V8.0

Analizando la intersección con los 15 minutos más cargados y que se encuentra en capacidad durante la hora punta, se usó un PHF de 0.92 por ser zona urbana

VOLUME SETTINGS												
	SEL	SET	SER	NWL	NWT	NWR	NEL	NET	NER	SWL	SWT	SWR
Lanes and Sharing (#RL)		↕			↕			↕↕			↕↕	
Traffic Volume (vph)	0	464	428	0	540	256	0	1688	188	0	1232	192
Conflicting Peds. (#/hr)	0	—	12	0	—	8	0	—	12	0	—	8
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92

Figura 121: Factor de hora pico recomendado por el HCM 2010 en la intersección I: Av. Jorge Basadre G con Av. Basadre y Forero.

Fuente: Programa Synchro V8.0

VOLUME SETTINGS												
	SEL	SET	SER	NWL	NWT	NWR	NEL	NET	NER	SWL	SWT	SWR
Lanes and Sharing (#RL)		↕			↕			↕↕			↕↕	
Traffic Volume (vph)	0	440	576	0	588	312	0	1472	100	0	1216	148
Conflicting Peds. (#/hr)	12	—	18	20	—	20	12	—	12	16	—	16
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92

Figura 122: Factor de hora pico recomendado por el HCM 2010 en la intersección II: Av. Jorge Basadre G con Av. Gustavo Pinto.

Fuente: Programa Synchro V8.0

VOLUME SETTINGS												
	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	SEL	SET	SER	NWL	NWT	NWR
Lanes and Sharing (#RL)		↕↕			↕↕			↕			↕	
Traffic Volume (vph)	0	1528	124	0	1076	120	0	512	312	0	436	312
Conflicting Peds. (#/hr)	16	—	16	0	—	20	8	—	12	16	—	16
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92

Figura 123: Factor de hora pico recomendado por el HCM 2010 en la intersección III: Av. Jorge Basadre G con Av. Gregorio Albarracín.

Fuente: Programa Synchro V8.0

VOLUME SETTINGS												
Lanes and Sharing (#RL)		↕			↕		↕↕			↕↕		
Traffic Volume (vph)	0	404	452	0	472	220	0	1580	180	0	1176	120
Conflicting Peds. (#/hr)	8	—	12	12	—	16	12	—	12	24	—	28
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	—	1	—	—	0	—	—	0	—	—	2
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92

Figura 124: Factor de hora pico recomendado por el HCM 2010 en la intersección IV: Av. Jorge Basadre G con Av. Billinghamurst.

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												
Lanes and Sharing (#RL)		↕			↕		↕↕			↕↕		
Traffic Volume (vph)	0	464	428	0	540	256	0	1688	188	0	1232	192
Conflicting Peds. (#/hr)	0	—	12	0	—	8	0	—	12	0	—	8
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
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	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2

Figura 125: Porcentaje de vehículos pesados en cada acceso de la intersección I: Av. Jorge Basadre G con Av. Basadre y Forero.

Fuente: Programa Synchro V8.0

VOLUME SETTINGS												
Lanes and Sharing (#RL)		↕			↕		↕↕			↕↕		
Traffic Volume (vph)	0	440	576	0	588	312	0	1472	100	0	1216	148
Conflicting Peds. (#/hr)	12	—	18	20	—	20	12	—	12	16	—	16
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
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	1	0	0	0	0	0	2	0	0	3	1

Figura 126: Porcentaje de vehículos pesados en cada acceso de la intersección II: Av. Jorge Basadre G con Av. Gustavo Pinto.

Fuente: Programa Synchro V8.0

VOLUME SETTINGS												
Lanes and Sharing (#RL)		↕↕			↕↕			↕			↕	
Traffic Volume (vph)	0	1528	124	0	1076	120	0	512	312	0	436	312
Conflicting Peds. (#/hr)	16	—	16	0	—	20	8	—	12	16	—	16
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
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	11	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0

Figura 127: Porcentaje de vehículos pesados en cada acceso de la intersección III: Av. Jorge Basadre G con Av. Gregorio Albarracín.

Fuente: Programa Synchro V8.0

VOLUME SETTINGS	SEL	SET	SER	NWL	NWT	NWR	NEL	NET	NER	SWL	SWT	SWR
Lanes and Sharing (#RL)			↑			↑		↑↑			↑↑	
Traffic Volume (vph)	0	404	452	0	472	220	0	1580	180	0	1176	120
Conflicting Peds. (#/hr)	8	—	12	12	—	16	12	—	12	24	—	28
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	—	1	—	—	0	—	—	0	—	—	2
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
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	14	0	0	11	0

Figura 128: Porcentaje de vehículos pesados en cada acceso de la intersección IV: Av. Jorge Basadre G con Av. Billinghamurst.

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	SEL	SET	SER	NWL	NWT	NWR	NEL	NET	NER	SWL	SWT	SWR
Lanes and Sharing (#RL)			↑			↑		↑↑			↑↑	
Traffic Volume (vph)	0	464	428	0	540	256	0	1688	188	0	1232	192
Conflicting Peds. (#/hr)	0	—	12	0	—	8	0	—	12	0	—	8
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
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	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Bus Blockages (#/hr)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Adj. Parking Lane?	<input type="checkbox"/>											
Parking Maneuvers (#/hr)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Traffic from mid-block (%)	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—
Link-OD Volumes							NE					
Adjusted Flow (vph)	0	504	465	0	587	278	0	1835	204	0	1339	209

Figura 129: Flujo vehicular por cada acceso de la intersección I: Av. Jorge Basadre G con Av. Basadre y Forero.

Fuente: Programa Synchro V8.0

VOLUME SETTINGS	SEL	SET	SER	NWL	NWT	NWR	NEL	NET	NER	SWL	SWT	SWR
Lanes and Sharing (#RL)			↑			↑		↑↑			↑↑	
Traffic Volume (vph)	0	440	576	0	588	312	0	1472	100	0	1216	148
Conflicting Peds. (#/hr)	12	—	18	20	—	20	12	—	12	16	—	16
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
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	1	0	0	0	0	0	2	0	0	3	1
Bus Blockages (#/hr)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Adj. Parking Lane?	<input type="checkbox"/>											
Parking Maneuvers (#/hr)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Traffic from mid-block (%)	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—
Link-OD Volumes							NE			SW		
Adjusted Flow (vph)	0	478	626	0	639	339	0	1600	109	0	1322	161

Figura 130: Flujo vehicular por cada acceso de la intersección II: Av. Jorge Basadre G con Av. Gustavo Pinto.

Fuente: Programa Synchro V8.0

VOLUME SETTINGS												
Lanes and Sharing (#RL)		↑↓			↑↓			↑↓				↑↓
Traffic Volume (vph)	0	1528	124	0	1076	120	0	512	312	0	436	312
Conflicting Peds. (#/hr)	16	—	16	0	—	20	8	—	12	16	—	16
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
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	11	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0
Bus Blockages (#/hr)	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0
Adj. Parking Lane?	<input type="checkbox"/>											
Parking Maneuvers (#/hr)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Traffic from mid-block (%)	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—
Link OD Volumes	— NB			— SB			—			—		
Adjusted Flow (vph)	0	1661	135	0	1170	130	0	557	339	0	474	339

Figura 131: Flujo vehicular por cada acceso de la intersección III: Av. Jorge Basadre G con Av. Gregorio Albarracín.

Fuente: Programa Synchro V8.0

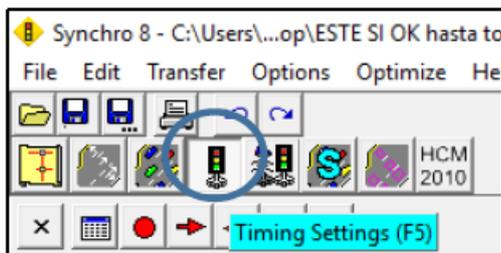
VOLUME SETTINGS												
Lanes and Sharing (#RL)		↑↓			↑↓			↑↓				↑↓
Traffic Volume (vph)	0	404	452	0	472	220	0	1580	180	0	1176	120
Conflicting Peds. (#/hr)	8	—	12	12	—	16	12	—	12	24	—	28
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	—	1	—	—	0	—	—	0	—	—	2
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
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	14	0	0	11	0
Bus Blockages (#/hr)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Adj. Parking Lane?	<input type="checkbox"/>											
Parking Maneuvers (#/hr)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Traffic from mid-block (%)	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—
Link OD Volumes	—			—			—			— SW		
Adjusted Flow (vph)	0	439	491	0	513	239	0	1717	196	0	1278	130

Figura 132: Flujo vehicular por cada acceso de la intersección IV: Av. Jorge Basadre G con Av. Billinghamurst.

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:



NODE SETTINGS		TIMING SETTINGS													
Node #		SEL	SET	SER	NWL	NWT	NWR	NEL	NET	NER	SWL	SWT	SWR	PED	HOLD
Zone:	2145.5	Protected Phases													
Y North (m):	-332.0	Permitted Phases													
Z Elevation (m):	0.0	Detector Phases													
Description:		Switch Phase													
Control Type:	Pretimed	Leading Detector (m)													
Cycle Length (s):	59.0	Trailing Detector (m)													
Lock Timings:	<input type="checkbox"/>	Minimum Initial (s)													
Optimize Cycle Length:	Optimize	Minimum Split (s)													
Optimize Splits:	Optimize	Total Split (s)													
Actuated Cycle(s):	59.0	Yellow Time (s)													
Natural Cycle(s):	110.0	All-Red Time (s)													
Max v/c Ratio:	1.33	Lost Time Adjust (s)													
Intersection Delay (s):	118.7	Lagging Phase?													
Intersection LOS:	F	Allow Lead/Lag Optimize?													
ICU:	H	Recall Mode													
ICU LOS:	H	Actuated Effct. Green (s)													
Offset (s):	0.0	Actuated g/C Ratio													
Referenced to:	Begin of Green	Volume to Capacity Ratio													
Reference Phase:	2+6 - NWT SET	Control Delay (s)													
Master Intersection:	<input type="checkbox"/>	Queue Delay (s)													
Yield Point:	Single	Total Delay (s)													
		Level of Service													

Figura 133: ingreso de datos del tiempo de semaforización por cada acceso de la intersección I: Av. Jorge Basadre G con Av. Basadre y Forero.

Fuente: Programa Synchro V8.0

NODE SETTINGS		TIMING SETTINGS											
Node #		SEL	SET	SER	NWL	NWT	NWR	NEL	NET	NER	SWL	SWT	SWR
Zone:	1236.5	Permitted Phases											
Y North (m):	-1043.8	Detector Phases											
Z Elevation (m):	0.0	Switch Phase											
Description:		Leading Detector (m)											
Control Type:	Pretimed	Trailing Detector (m)											
Cycle Length (s):	59.0	Minimum Initial (s)											
Lock Timings:	<input type="checkbox"/>	Minimum Split (s)											
Optimize Cycle Length:	Optimize	Total Split (s)											
Optimize Splits:	Optimize	Yellow Time (s)											
Actuated Cycle(s):	59.0	All-Red Time (s)											
Natural Cycle(s):	110.0	Lost Time Adjust (s)											
Max v/c Ratio:	1.42	Lagging Phase?											
Intersection Delay (s):	96.3	Allow Lead/Lag Optimize?											
Intersection LOS:	F	Recall Mode											
ICU:	H	Actuated Effct. Green (s)											
ICU LOS:	H	Actuated g/C Ratio											
Offset (s):	0.0	Volume to Capacity Ratio											
Referenced to:	Begin of Green	Control Delay (s)											
Reference Phase:	2+6 - NWT SET	Queue Delay (s)											
		Total Delay (s)											
		Level of Service											

Figura 134: ingreso de datos del tiempo de semaforización por cada acceso de la intersección II: Av. Jorge Basadre G con Av. Gustavo Pinto.

Fuente: Programa Synchro V8.0

NODE SETTINGS		TIMING SETTINGS												
Node #	9													
Zone:		Protected Phases	2		6		4		8					
X East (m):	661.7	Permitted Phases	-											
Y North (m):	-1891.3	Detector Phases	2		6		4		8					
Z Elevation (m):	0.0	Switch Phase	0											
Description		Leading Detector (m)	10.0		10.0		10.0		10.0					
Control Type	Pretimed	Trailing Detector (m)	0.0											
Cycle Length (s):	59.0	Minimum Initial (s)	1.0											
Lock Timings:	<input type="checkbox"/>	Minimum Split (s)	20.0											
Optimize Cycle Length:	Optimize	Total Split (s)	29.0		29.0		30.0		30.0					
Optimize Splits:	Optimize	Yellow Time (s)	4.0											
Actuated Cycle(s):	59.0	All-Red Time (s)	0.0											
Natural Cycle(s):	110.0	Lost Time Adjust (s)	0.0											
Max v/c Ratio:	1.37	Lagging Phase?	-											
Intersection Delay (s):	95.8	Allow Lead/Lag Optimize?	-											
Intersection LDS:	F	Recall Mode	Max		Max		Max		Max					
ICU:	0.99	Actuated Effct. Green (s)	25.0		25.0		26.0		26.0					
ICU LDS:	F	Actuated g/C Ratio	0.42		0.42		0.44		0.44					
Offset (s):	0.0	Volume to Capacity Ratio	1.37		0.83		1.05		1.01					
Referenced to:	Begin of Green	Control Delay (s)	186.1		18.9		64.3		53.9					
Reference Phase:	2+6 - NBT SBT	Queue Delay (s)	0.0											
Master Intersection:	<input type="checkbox"/>	Total Delay (s)	186.1		18.9		64.3		53.9					
		Level of Service	F		B		E		D					

Figura 135: ingreso de datos del tiempo de semaforización por cada acceso de la intersección III: Av. Jorge Basadre G con Av. Gregorio Albarracín.
Fuente: Programa Synchro V8.0

NODE SETTINGS		TIMING SETTINGS												
Node #	12													
Zone:		Protected Phases	6		2		4		8					
X East (m):	296.9	Permitted Phases	-											
Y North (m):	-2469.2	Detector Phases	6		2		4		8					
Z Elevation (m):	0.0	Switch Phase	0											
Description		Leading Detector (m)	10.0		10.0		10.0		10.0					
Control Type	Pretimed	Trailing Detector (m)	0.0											
Cycle Length (s):	59.0	Minimum Initial (s)	4.0											
Lock Timings:	<input type="checkbox"/>	Minimum Split (s)	20.0											
Optimize Cycle Length:	Optimize	Total Split (s)	27.0		27.0		32.0		32.0					
Optimize Splits:	Optimize	Yellow Time (s)	4.0											
Actuated Cycle(s):	59.0	All-Red Time (s)	0.0											
Natural Cycle(s):	120.0	Lost Time Adjust (s)	0.0											
Max v/c Ratio:	1.49	Lagging Phase?	-											
Intersection Delay (s):	166.9	Allow Lead/Lag Optimize?	-											
Intersection LDS:	F	Recall Mode	Max		Max		Max		Max					
ICU:	1.17	Actuated Effct. Green (s)	23.0		23.0		28.0		28.0					
ICU LDS:	H	Actuated g/C Ratio	0.39		0.39		0.47		0.47					
Offset (s):	0.0	Volume to Capacity Ratio	1.47		1.08		1.49		1.06					
Referenced to:	Begin of Green	Control Delay (s)	241.8		78.0		243.7		60.6					
Reference Phase:	2+6 - NWT SET	Queue Delay (s)	0.0											
Master Intersection:	<input type="checkbox"/>	Total Delay (s)	241.8		78.0		243.7		60.6					
		Level of Service	F		E		F		E					

Figura 136: ingreso de datos del tiempo de Billinghurst.
Fuente: Programa Synchro V8.0

Volúmenes vehiculares por acceso



Figura 137: Volúmenes vehiculares por acceso en la intersección I: Av. Jorge Basadre G con Av. Basadre y Forero.

Fuente: Programa Synchro V8.0



Figura 138: Volúmenes vehiculares por acceso en la intersección II: Av. Jorge Basadre G con Av. Gustavo Pinto.

Fuente: Programa Synchro V8.0

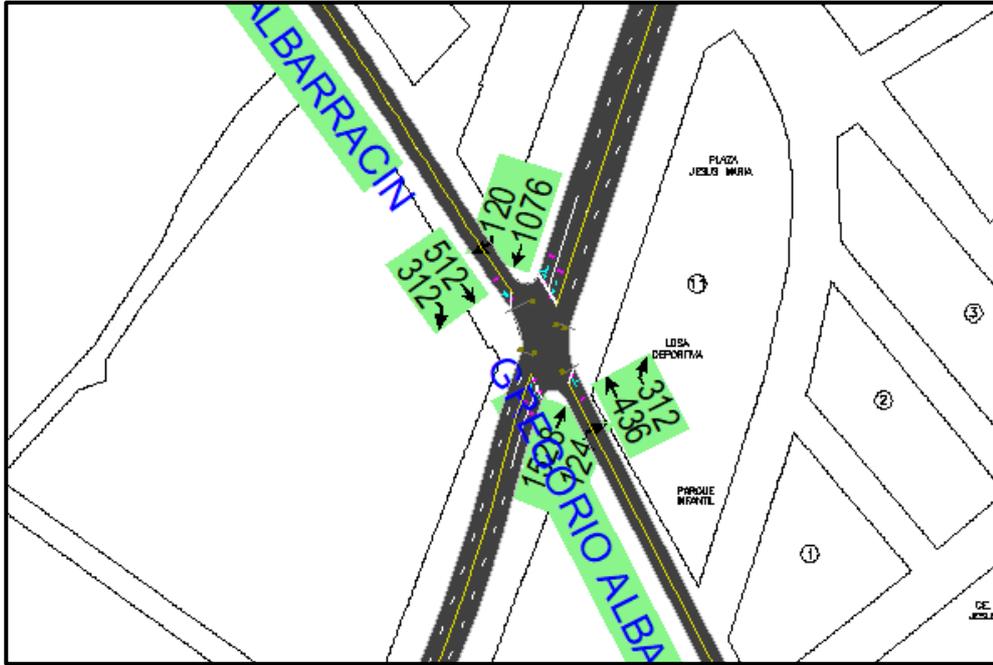


Figura 139: Volúmenes vehiculares por acceso en la intersección III: Av. Jorge Basadre G con Av. Gregorio Albarracín.

Fuente: Programa Synchro V8.0



Figura 140: Volúmenes vehiculares por acceso en la intersección IV: Av. Jorge Basadre G con Av. Billinghurst.

Fuente: Programa Synchro V8.0

Carriles por Acceso



Figura 141: Carriles por acceso en la intersección I: Av. Jorge Basadre G con Av. Basadre y Forero.

Fuente: Programa Synchro V8.0



Figura 142: Carriles por acceso en la intersección II: Av. Jorge Basadre G con Av. Gustavo Pinto.

Fuente: Programa Synchro V8.0

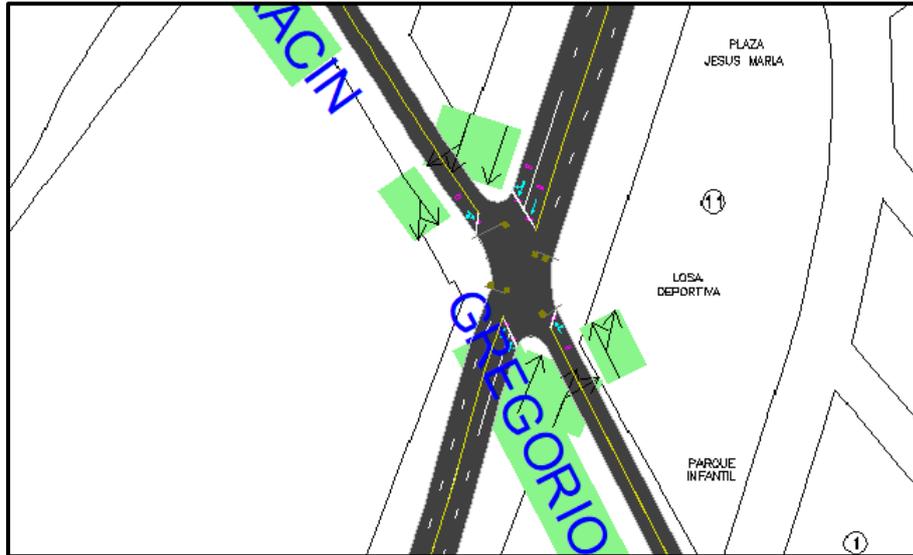


Figura 143: Carriles por acceso en la intersección III: Av. Jorge Basadre G con Av. Gregorio Albarracín.

Fuente: Programa Synchro V8.0

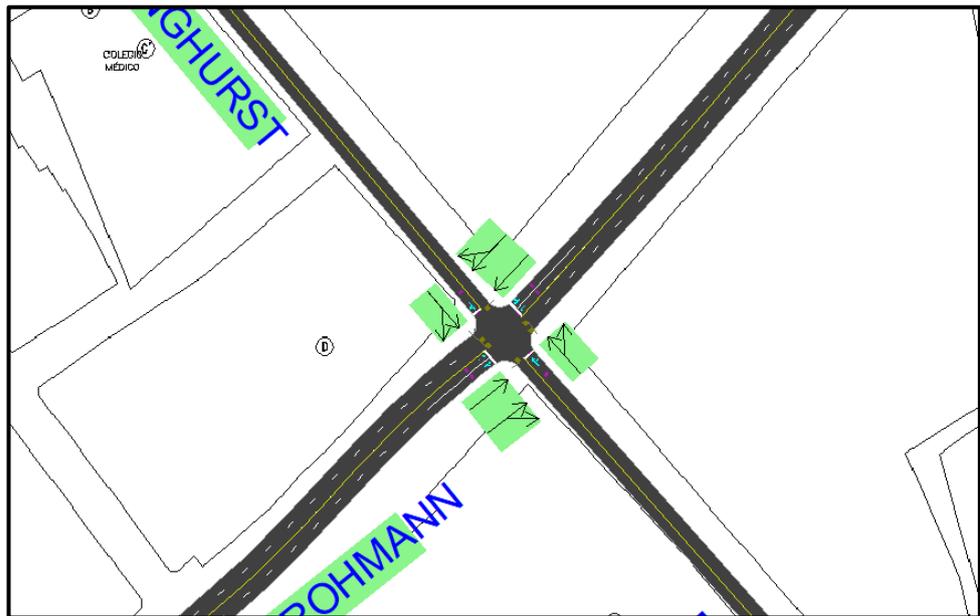


Figura 144: Carriles por acceso en la intersección IV: Av. Jorge Basadre G con Av. Billinghurst.

Fuente: Programa Synchro V8.0

LOS: Niveles de servicio



Figura 145: Niveles de servicio en la intersección I: Av. Jorge Basadre G con Av. Basadre y Forero.

Fuente: Programa Synchro V8.0



Figura 146: Niveles de servicio en la intersección II: Av. Jorge Basadre G con Av. Gustavo Pinto.

Fuente: Programa Synchro V8.0

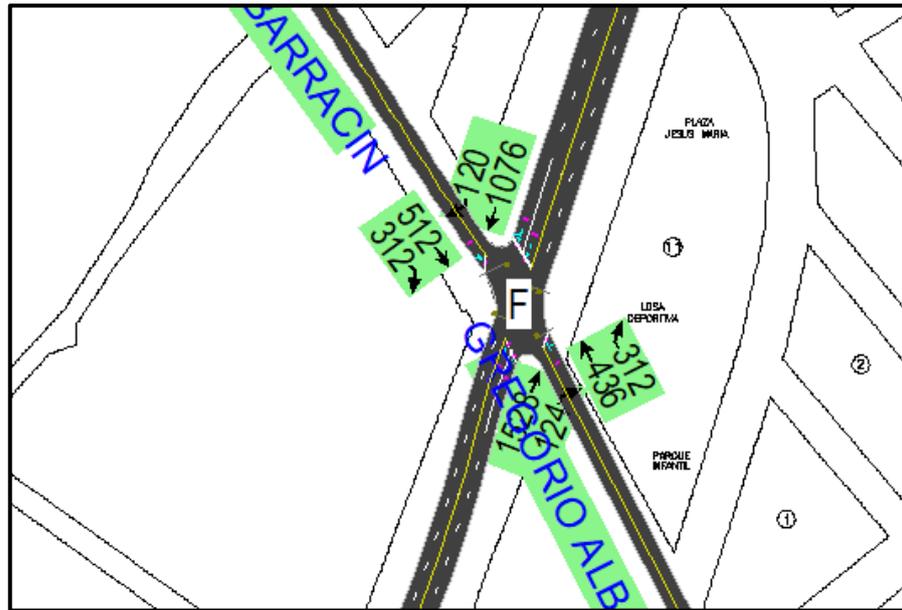


Figura 147: Niveles de servicio en la intersección III: Av. Jorge Basadre G con Av. Gregorio Albarracín.

Fuente: Programa Synchro V8.0



Figura 148: Niveles de servicio en la intersección IV: Av. Jorge Basadre G con Av. Billinghurst.

Fuente: Programa Synchro V8.0

Simulación del tráfico actual en 3D



Figura 149: Simulación del tráfico actual en 3D en la intersección I: Av. Jorge Basadre G con Av. Basadre y Forero.

Fuente: Programa Synchro V8.0

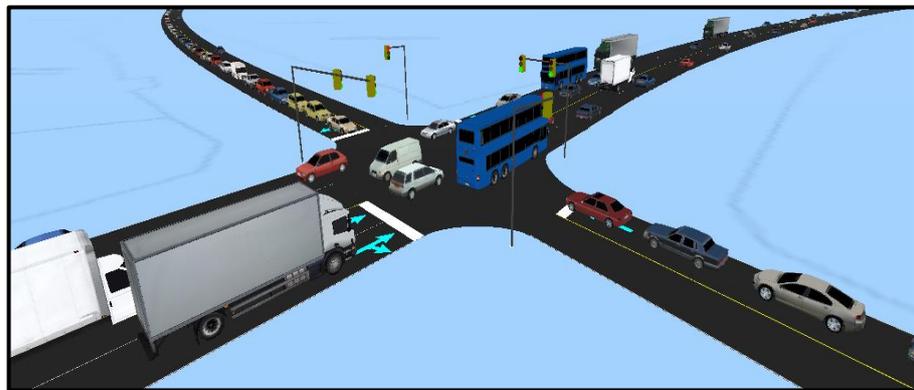


Figura 150: Simulación del tráfico actual en 3D en la intersección II: Av. Jorge Basadre G con Av. Gustavo Pinto.

Fuente: Programa Synchro V8.0



Figura 151: Simulación del tráfico actual en 3D en la intersección III: Av. Jorge Basadre G con Av. Gregorio Albarracín.

Fuente: Programa Synchro V8.0



Figura 152: Simulación del tráfico actual en 3D en la intersección IV: Av. Jorge Basadre G con Av. Billinghamurst.

Fuente: Programa Synchro V8.0

3.5.2. Simulación de alternativas de solución con el programa Synchro 8.0

3.5.2.1. Optimización de semáforos

En el programa Synchro 8.0 se modifica la duración del ciclo semafórico, optimizando los tiempos del semáforo quedando así el cuadro de “Timings Settings” como se muestra a continuación detallando las cuatro intersecciones evaluadas:

Intersección I: Avenida Basadre y Forero con Avenida Jorge Basadre Grohmann

TIMING SETTINGS	  			  			  			  		
	SEL	SET	SER	NWL	NWT	NWR	NEL	NET	NER	SWL	SWT	SWR
Turn Type	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Protected Phases	—	6	—	—	2	—	—	4	—	—	8	—
Permitted Phases	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Detector Phases	—	6	—	—	2	—	—	4	—	—	8	—
Switch Phase	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—
Leading Detector (m)	—	10.0	—	—	10.0	—	—	10.0	—	—	10.0	—
Trailing Detector (m)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—
Minimum Initial (s)	—	4.0	—	—	4.0	—	—	4.0	—	—	4.0	—
Minimum Split (s)	—	20.0	—	—	20.0	—	—	20.0	—	—	20.0	—
Total Split (s)	—	37.0	—	—	37.0	—	—	40.0	—	—	40.0	—
Yellow Time (s)	—	3.0	—	—	3.0	—	—	3.0	—	—	3.0	—
All-Red Time (s)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—
Lost Time Adjust (s)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—
Lagging Phase?	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Allow Lead/Lag Optimize?	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Recall Mode	—	Max	—	—	Max	—	—	Max	—	—	Max	—
Actuated Effct. Green (s)	—	34.0	—	—	34.0	—	—	37.0	—	—	37.0	—
Actuated g/C Ratio	—	0.44	—	—	0.44	—	—	0.48	—	—	0.48	—
Volume to Capacity Ratio	—	1.28	—	—	1.14	—	—	1.28	—	—	0.95	—
Control Delay (s)	—	160.0	—	—	103.3	—	—	153.3	—	—	33.0	—
Queue Delay (s)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—
Total Delay (s)	—	160.0	—	—	103.3	—	—	153.3	—	—	33.0	—
Level of Service	—	F	—	—	F	—	—	F	—	—	C	—

Figura 153: Cuadro de Timings Settings optimizado de la Intersección I.

Fuente: Programa Synchro 8.0

Se muestra el nivel de servicio y los niveles de servicio por acceso de la intersección I

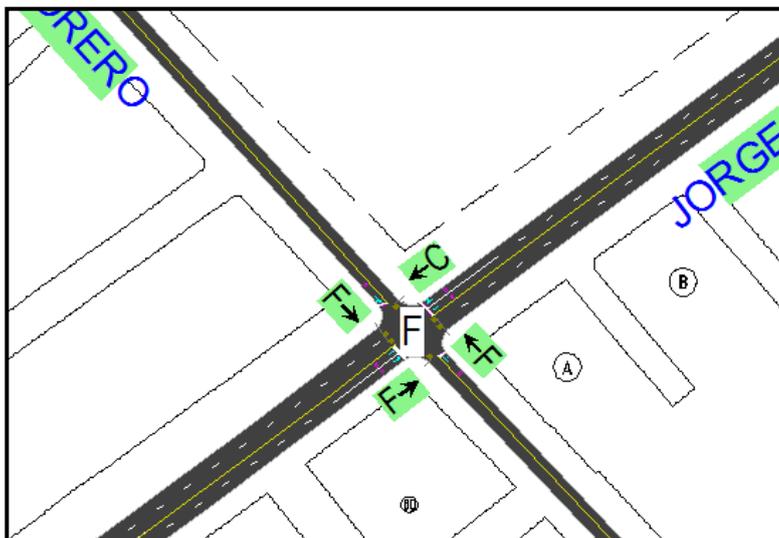


Figura 154: Niveles de servicio por acceso y nivel de servicio de la intersección I con Optimización de tiempos de semáforos.

Fuente: Programa Synchro 8.0

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:	
X East (m):	2145.5
Y North (m):	-332.0
Z Elevation (m):	0.0
Description	
Control Type	Pretime
Cycle Length (s):	77.0
Lock Timings:	<input type="checkbox"/>
Optimize Cycle Length:	Optimize
Optimize Splits:	Optimize
Actuated Cycle(s):	77.0
Natural Cycle(s):	110.0
Max v/c Ratio:	1.28
Intersection Delay (s):	112.1
Intersection LOS:	F

→ Ciclo semafórico

Resultados:
Grado de Saturación
Demora Total
Nivel de servicio

Figura 155: Resultados obtenidos con Optimización de tiempos de semáforos en la intersección I.

Fuente: Programa Synchro 8.0

Intersección II: Avenida Gustavo Pinto con Avenida Jorge Basadre Grohmann

TIMING SETTINGS	SEL	SET	SER	NWL	NWT	NWR	NEL	NET	NER	SWL	SWT	SWR
Turn Type	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Protected Phases	—	6	—	—	2	—	—	4	—	—	8	—
Permitted Phases	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Detector Phases	—	6	—	—	2	—	—	4	—	—	8	—
Switch Phase	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—
Leading Detector (m)	—	10.0	—	—	10.0	—	—	10.0	—	—	10.0	—
Trailing Detector (m)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—
Minimum Initial (s)	—	4.0	—	—	4.0	—	—	4.0	—	—	4.0	—
Minimum Split (s)	—	20.0	—	—	20.0	—	—	20.0	—	—	20.0	—
Total Split (s)	—	47.0	—	—	47.0	—	—	43.0	—	—	43.0	—
Yellow Time (s)	—	3.0	—	—	3.0	—	—	3.0	—	—	3.0	—
All-Red Time (s)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—
Lost Time Adjust (s)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—
Lagging Phase?	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Allow Lead/Lag Optimize?	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Recall Mode	—	Max	—	—	Max	—	—	Max	—	—	Max	—
Actuated Effct. Green (s)	—	44.0	—	—	44.0	—	—	40.0	—	—	40.0	—
Actuated g/C Ratio	—	0.49	—	—	0.49	—	—	0.44	—	—	0.44	—
Volume to Capacity Ratio	—	1.15	—	—	1.07	—	—	1.11	—	—	0.89	—
Control Delay (s)	—	102.5	—	—	74.9	—	—	86.2	—	—	31.2	—
Queue Delay (s)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—
Total Delay (s)	—	102.5	—	—	74.9	—	—	86.2	—	—	31.2	—
Level of Service	—	F	—	—	E	—	—	F	—	—	C	—

Figura 156: Cuadro de Timings Settings optimizado de la Intersección II.
Fuente: Programa Synchro 8.0

Se muestra el nivel de servicio y los niveles de servicio por acceso de la intersección II



Figura 157: Niveles de servicio por acceso y nivel de servicio de la intersección II con Optimización de tiempos de semáforos.

Fuente: Programa Synchro 8.0

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 #	6
Zone:	
X East (m):	1236.5
Y North (m):	-1043.8
Z Elevation (m):	0.0
Description	
Control Type	Pre-timed
Cycle Length (s):	90.0
Lock Timings:	<input type="checkbox"/>
Optimize Cycle Length:	Optimize
Optimize Splits:	Optimize
Actuated Cycle(s):	90.0
Natural Cycle(s):	100.0
Max v/c Ratio:	1.15
Intersection Delay (s):	72.0
Intersection LOS:	E

→ Ciclo semafórico

Resultados:
Grado de Saturación
Demora Total
Nivel de servicio

Figura 158: Resultados obtenidos con Optimización de tiempos de semáforos en la intersección II.

Fuente: Programa Synchro 8.0

Intersección III: Avenida Gregorio Albarracín con Avenida Jorge Basadre Grohmann

TIMING SETTINGS	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	SEL	SET	SER	NWL	NWT	NWR
Turn Type	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Protected Phases	—	2	—	—	6	—	—	4	—	—	8	—
Permitted Phases	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Detector Phases	—	2	—	—	6	—	—	4	—	—	8	—
Switch Phase	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—
Leading Detector (m)	—	10.0	—	—	10.0	—	—	10.0	—	—	10.0	—
Trailing Detector (m)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—
Minimum Initial (s)	—	1.0	—	—	1.0	—	—	1.0	—	—	1.0	—
Minimum Split (s)	—	20.0	—	—	20.0	—	—	20.0	—	—	20.0	—
Total Split (s)	—	45.0	—	—	45.0	—	—	40.0	—	—	40.0	—
Yellow Time (s)	—	3.0	—	—	3.0	—	—	3.0	—	—	3.0	—
All-Red Time (s)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—
Lost Time Adjust (s)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—
Lagging Phase?	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Allow Lead/Lag Optimize?	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Recall Mode	—	Max	—	—	Max	—	—	Max	—	—	Max	—
Actuated Effct. Green (s)	—	42.0	—	—	42.0	—	—	37.0	—	—	37.0	—
Actuated g/C Ratio	—	0.49	—	—	0.49	—	—	0.44	—	—	0.44	—
Volume to Capacity Ratio	—	1.18	—	—	0.71	—	—	1.05	—	—	1.02	—
Control Delay (s)	—	110.3	—	—	19.3	—	—	70.1	—	—	62.7	—
Queue Delay (s)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—
Total Delay (s)	—	110.3	—	—	19.3	—	—	70.1	—	—	62.7	—
Level of Service	—	F	—	—	B	—	—	E	—	—	E	—

Figura 159: Cuadro de Timings Settings optimizado de la Intersección III.

Fuente: Programa Synchro 8.0

Se muestra el nivel de servicio y los niveles de servicio por acceso de la intersección I

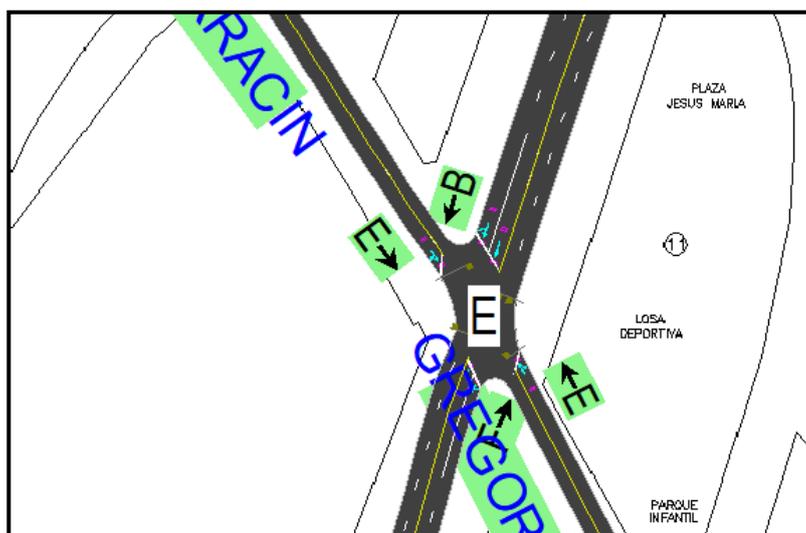


Figura 160: Niveles de servicio por acceso y nivel de servicio de la intersección III con Optimización de tiempos de semáforos.

Fuente: Programa Synchro 8.0

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 #	9
Zone:	
X East (m):	661.7
Y North (m):	-1891.3
Z Elevation (m):	0.0
Description	
Control Type	Protected
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:	1.18
Intersection Delay (s):	70.1
Intersection LOS:	E

→ Ciclo semafórico

Resultados:
Grado de Saturación
Demora Total
Nivel de servicio

Figura 161: Resultados obtenidos con Optimización de tiempos de semáforos en la intersección III.

Fuente: Programa Synchro 8.0

Intersección IV: Avenida Billinghurst con Avenida Jorge Basadre Grohmann

TIMING SETTINGS	SEL	SET	SER	NWL	NWT	NWR	NEL	NET	NER	SWL	SWT	SWR
Turn Type	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Protected Phases	—	6	—	—	2	—	—	4	—	—	8	—
Permitted Phases	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Detector Phases	—	6	—	—	2	—	—	4	—	—	8	—
Switch Phase	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—
Leading Detector (m)	—	10.0	—	—	10.0	—	—	10.0	—	—	10.0	—
Trailing Detector (m)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—
Minimum Initial (s)	—	4.0	—	—	4.0	—	—	4.0	—	—	4.0	—
Minimum Split (s)	—	20.0	—	—	20.0	—	—	20.0	—	—	20.0	—
Total Split (s)	—	40.0	—	—	40.0	—	—	45.0	—	—	45.0	—
Yellow Time (s)	—	3.0	—	—	3.0	—	—	3.0	—	—	3.0	—
All-Red Time (s)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—
Lost Time Adjust (s)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—
Lagging Phase?	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Allow Lead/Lag Optimize?	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Recall Mode	—	Max	—	—	Max	—	—	Max	—	—	Max	—
Actuated Effct. Green (s)	—	37.0	—	—	37.0	—	—	42.0	—	—	42.0	—
Actuated g/C Ratio	—	0.44	—	—	0.44	—	—	0.49	—	—	0.49	—
Volume to Capacity Ratio	—	1.32	—	—	0.97	—	—	1.44	—	—	1.03	—
Control Delay (s)	—	179.5	—	—	49.9	—	—	223.6	—	—	39.8	—
Queue Delay (s)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—
Total Delay (s)	—	179.5	—	—	49.9	—	—	223.6	—	—	39.8	—
Level of Service	—	F	—	—	D	—	—	F	—	—	D	—

Figura 162: Cuadro de Timings Settings optimizado de la Intersección IV.

Fuente: Programa Synchro 8.0

Se muestra el nivel de servicio y los niveles de servicio por acceso de la intersección IV

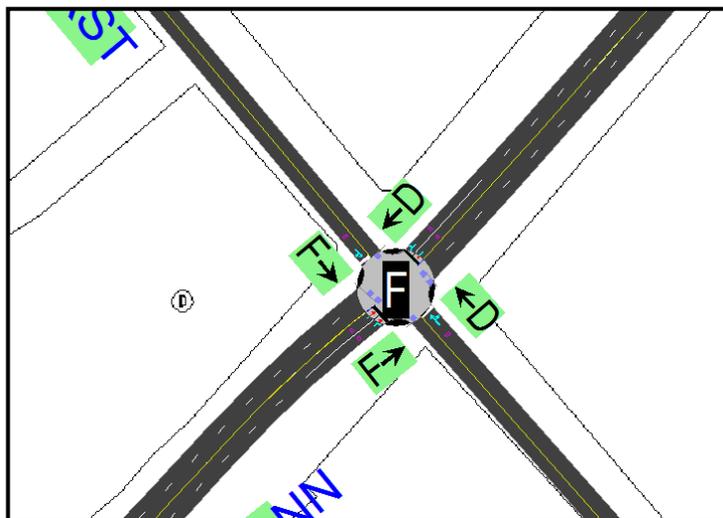


Figura 163: Niveles de servicio por acceso y nivel de servicio de la intersección IV con Optimización de tiempos de semáforos.

Fuente: Programa Synchro 8.0

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 #	12
Zone:	
X East (m):	296.9
Y North (m):	-2469.2
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):	140.0
Max v/c Ratio:	1.44
Intersection Delay (s):	137.5
Intersection LOS:	F

→ Ciclo semafórico

Resultados:
Grado de Saturación
Demora Total
Nivel de servicio

Figura 164: Resultados obtenidos con Optimización de tiempos de semáforos en la intersección IV.

Fuente: Programa Synchro 8.0

3.5.2.2. Eliminación de vehículos pesados

Se procede a eliminar el porcentaje de vehículos pesados en las cuatro intersecciones obteniendo los siguientes resultados:

Intersección I: Avenida Basadre y Forero con Avenida Jorge Basadre Grohmann

VOLUME SETTINGS	SEL			NWL			NEL			SWL		
	SEL	SET	SER	NWL	NWT	NWR	NEL	NET	NER	SWL	SWT	SWR
Lanes and Sharing (#RL)		↑			↑			↑↑			↑↑	
Traffic Volume (vph)	0	464	428	0	540	256	0	1688	188	0	1232	192
Conflicting Peds. (#/hr)	0	—	0	0	—	0	0	—	0	0	—	0
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
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 165: Cuadro de Volume Settings eliminando el porcentaje de vehículos pesados en la Intersección I.

Fuente: Programa Synchro 8.0

Se muestra el nivel de servicio y los niveles de servicio por acceso de la intersección I

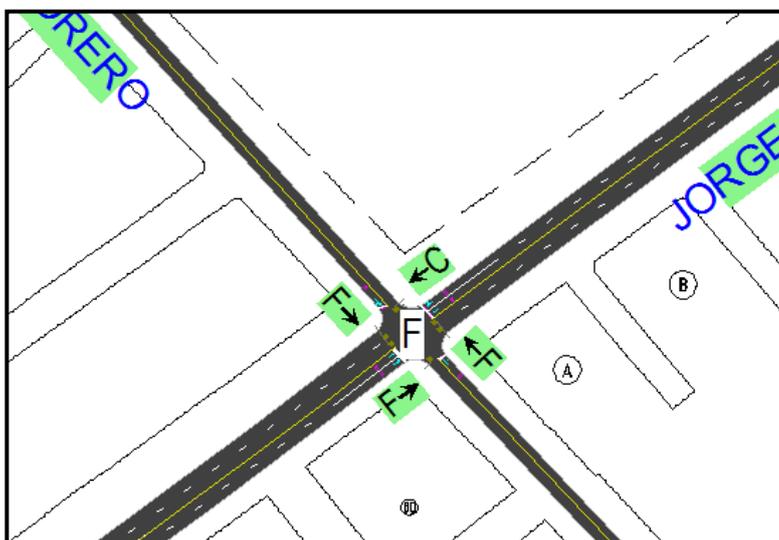


Figura 166: Niveles de servicio por acceso y nivel de servicio de la intersección I con eliminación de porcentaje de vehículos pesados.

Fuente: Programa Synchro 8.0

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:	
X East (m):	2145.5
Y North (m):	-332.0
Z Elevation (m):	0.0
Description	
Control Type:	Pre-timed
Cycle Length (s):	59.0
Lock Timings:	<input type="checkbox"/>
Optimize Cycle Length:	Optimize
Optimize Splits:	Optimize
Actuated Cycle(s):	59.0
Natural Cycle(s):	118.0
Max v/c Ratio:	1.33
Intersection Delay (s):	118.0
Intersection LOS:	F

→ Ciclo semafórico

Resultados:
Grado de Saturación
Demora Total
Nivel de servicio

Figura 167: Resultados obtenidos con eliminación de porcentajes de vehículos pesados en la intersección I.

Fuente: Programa Synchro 8.0

Intersección II: Avenida Gustavo Pinto con Avenida Jorge Basadre Grohmann

VOLUME SETTINGS												
	SEL	SET	SER	NWL	NWT	NWR	NEL	NET	NER	SWL	SWT	SWR
Lanes and Sharing (#RL)												
Traffic Volume (vph)	0	440	576	0	588	312	0	1472	100	0	1216	148
Conflicting Peds. (#/hr)	15	—	18	20	—	20	15	—	15	23	—	23
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
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 168: Cuadro de Volume Settings eliminando el porcentaje de vehículos pesados en la Intersección II.

Fuente: Programa Synchro 8.0

Se muestra el nivel de servicio y los niveles de servicio por acceso de la intersección II

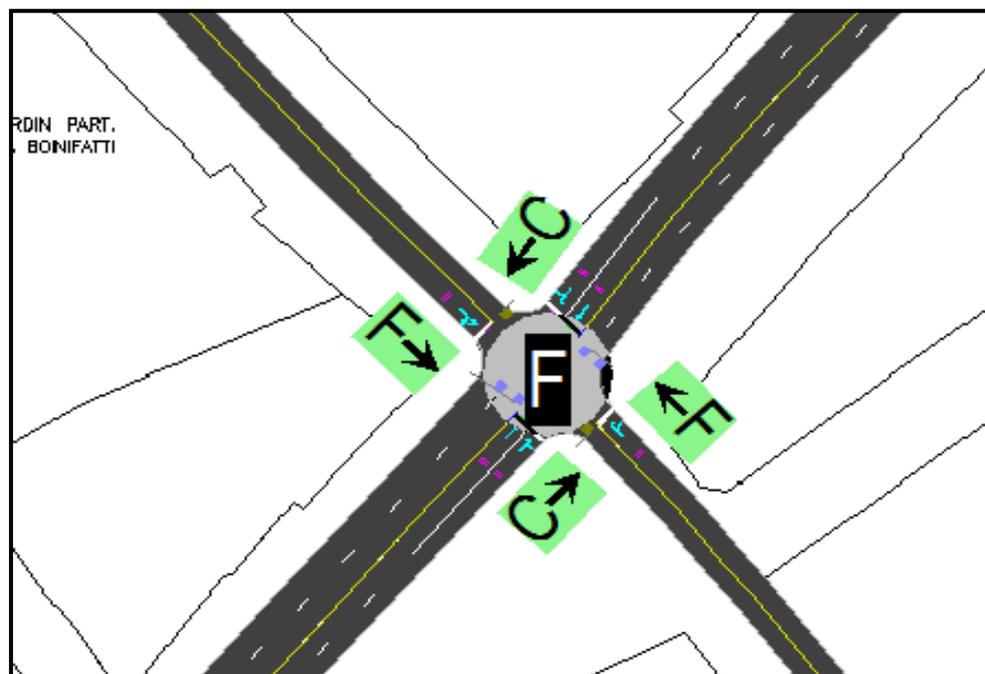


Figura 169: Niveles de servicio por acceso y nivel de servicio de la intersección II con eliminación de porcentaje de vehículos pesados.

Fuente: Programa Synchro 8.0

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 #	6
Zone:	
X East (m):	1236.5
Y North (m):	-1043.8
Z Elevation (m):	0.0
Description	
Control Type	Pretimed
Cycle Length (s):	59.0
Lock Timing:	<input type="checkbox"/>
Optimize Cycle Length:	Optimize
Optimize Splits:	Optimize
Actuated Cycle(s):	59.0
Natural Cycle(s):	120.0
Max v/c Ratio:	1.41
Intersection Delay (s):	92.9
Intersection LOS:	F

→ Ciclo semafórico

Resultados:
Grado de Saturación
Demora Total
Nivel de servicio

Figura 170: Resultados obtenidos con eliminación de porcentajes de vehículos pesados en la intersección II.

Fuente: Programa Synchro 8.0

Intersección III: Avenida Gregorio Albarracín con Avenida Jorge Basadre Grohmann

VOLUME SETTINGS												
	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	SEL	SET	SER	NW/L	NWT	NWR
Lanes and Sharing (#RL)		↕↕			↕↕			↕				↕
Traffic Volume (vph)	0	1528	124	0	1076	120	0	512	312	0	436	312
Conflicting Peds. (#/hr)	16	—	16	0	—	20	8	—	12	16	—	16
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
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 (%)	<input type="text" value="0"/>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 171: Cuadro de Volume Settings eliminando el porcentaje de vehículos pesados en la Intersección III.

Fuente: Programa Synchro 8.0

Se muestra el nivel de servicio y los niveles de servicio por acceso de la intersección III

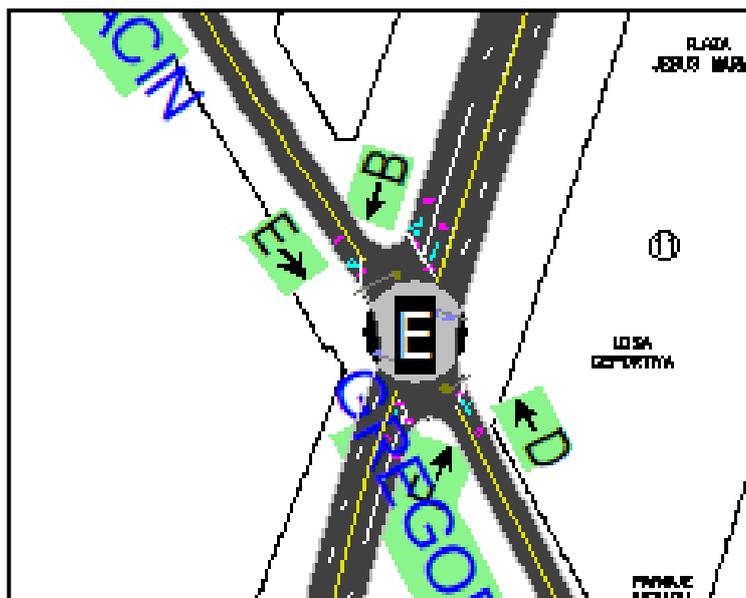


Figura 172: Niveles de servicio por acceso y nivel de servicio de la intersección III con eliminación de porcentaje de vehículos pesados.

Fuente: Programa Synchro 8.0

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 #	9
Zone:	
X East (m):	661.7
Y North (m):	-1891.3
Z Elevation (m):	0.0
Description	
Control Type	Distimed
Cycle Length (s):	59.0
Lock Timings:	<input type="checkbox"/>
Optimize Cycle Length:	Optimize
Optimize Splits:	Optimize
Actuated Cycle(s):	59.0
Natural Cycle(s):	100.0
Max v/c Ratio:	1.24
Intersection Delay (s):	74.2
Intersection LOS:	E

→ Ciclo semafórico

Resultados:
Grado de Saturación
Demora Total
Nivel de servicio

Figura 173: Resultados obtenidos con eliminación de porcentajes de vehículos pesados en la intersección III.

Fuente: Programa Synchro 8.0

Intersección IV: Avenida Billinghamurst con Avenida Jorge Basadre Grohmann

VOLUME SETTINGS												
Lanes and Sharing (#RL)		↕			↕			↕↕			↕↕	
Traffic Volume (vph)	0	404	452	0	472	220	0	1580	180	0	1176	120
Conflicting Peds. (#/hr)	8	—	12	12	—	16	12	—	12	24	—	28
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	—	1	—	—	0	—	—	0	—	—	2
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
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 174: Cuadro de Volume Settings eliminando el porcentaje de vehículos pesados en la Intersección IV.

Fuente: Programa Synchro 8.0

Se muestra el nivel de servicio y los niveles de servicio por acceso de la intersección IV

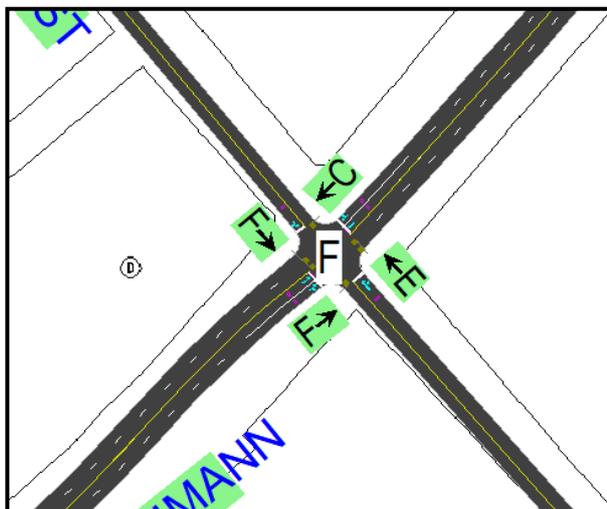


Figura 175: Niveles de servicio por acceso y nivel de servicio de la intersección IV con eliminación de porcentaje de vehículos pesados.

Fuente: Programa Synchro 8.0

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 #	12
Zone:	
X East (m):	296.9
Y North (m):	-2469.2
Z Elevation (m):	0.0
Description	
Control Type:	Pre-timed
Cycle Length (s):	59.0
Lock Timings:	<input type="checkbox"/>
Optimize Cycle Length:	Optimize
Optimize Splits:	Optimize
Actuated Cycle(s):	59.0
Natural Cycle(s):	150.0
Max v/c Ratio:	1.47
Intersection Delay (s):	131.4
Intersection LOS:	F

→ Ciclo semafórico

Resultados:
 Grado de Saturación
 Demora Total
 Nivel de servicio

Figura 176: Resultados obtenidos con eliminación de porcentajes de vehículos pesados en la intersección IV.

Fuente: Programa Synchro 8.0

3.5.2.3. Optimización de semáforos y eliminación de vehículos pesados

Se procedió a juntar las dos soluciones anteriores para mejorar la calidad del flujo vehicular optimizando el tiempo semafórico y eliminando el porcentaje de vehículos pesados de las cuatro intersecciones evaluadas y los resultados fueron los siguientes:

Intersección I: Avenida Basadre y Forero con Avenida Jorge Basadre Grohmann

VOLUME SETTINGS												
Lanes and Sharing (#RL)			↕			↕			↕↗			↕↗
Traffic Volume (vph)	0	464	428	0	540	256	0	1688	188	0	1232	192
Conflicting Peds. (#/hr)	0	—	12	0	—	8	0	—	12	0	—	8
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
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 177: Cuadro de Volume Settings eliminando el porcentaje de vehículos pesados en la Intersección I.

Fuente: Programa Synchro 8.0

TIMING SETTINGS												
Turn Type	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Protected Phases	—	6	—	—	2	—	—	4	—	—	8	—
Permitted Phases	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Detector Phases	—	6	—	—	2	—	—	4	—	—	8	—
Switch Phase	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—
Leading Detector (m)	—	10.0	—	—	10.0	—	—	10.0	—	—	10.0	—
Trailing Detector (m)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—
Minimum Initial (s)	—	4.0	—	—	4.0	—	—	4.0	—	—	4.0	—
Minimum Split (s)	—	20.0	—	—	20.0	—	—	20.0	—	—	20.0	—
Total Split (s)	—	45.0	—	—	45.0	—	—	45.0	—	—	45.0	—
Yellow Time (s)	—	3.0	—	—	3.0	—	—	3.0	—	—	3.0	—
All-Red Time (s)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—
Lost Time Adjust (s)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—
Lagging Phase?	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Allow Lead/Lag Optimize?	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Recall Mode	—	Max	—	—	Max	—	—	Max	—	—	Max	—
Actuated Effct. Green (s)	—	42.0	—	—	42.0	—	—	42.0	—	—	42.0	—
Actuated g/C Ratio	—	0.47	—	—	0.47	—	—	0.47	—	—	0.47	—
Volume to Capacity Ratio	—	1.21	—	—	1.08	—	—	1.32	—	—	0.98	—
Control Delay (s)	—	132.0	—	—	82.6	—	—	162.8	—	—	41.7	—
Queue Delay (s)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—
Total Delay (s)	—	132.0	—	—	82.6	—	—	162.8	—	—	41.7	—
Level of Service	—	F	—	—	F	—	—	F	—	—	D	—

Figura 178: Cuadro de Timings Settings optimizado de la Intersección I.

Fuente: Programa Synchro 8.0

Se muestra el nivel de servicio y los niveles de servicio por acceso de la intersección I

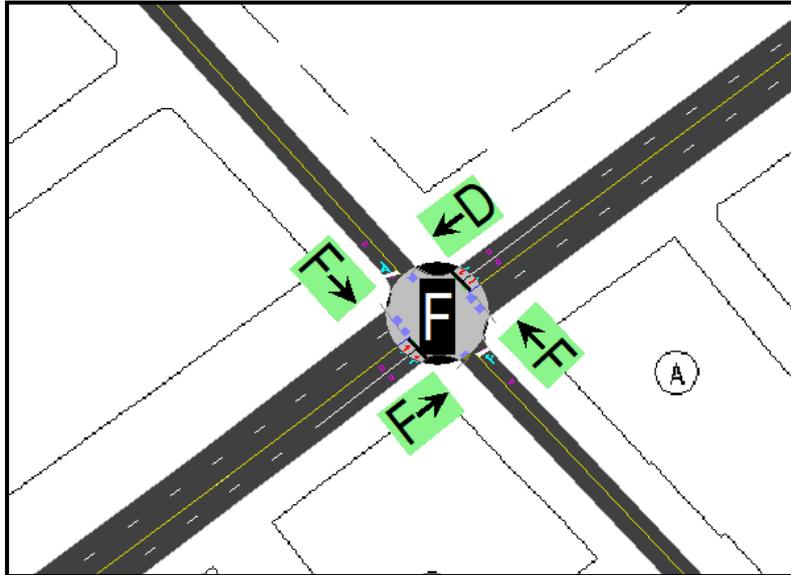


Figura 179: Niveles de servicio por acceso y nivel de servicio de la intersección optimizando el tiempo del semáforo y eliminando el porcentaje de vehículos pesados.

Fuente: Programa Synchro 8.0

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:	
X East (m):	2145.5
Y North (m):	-332.0
Z Elevation (m):	0.0
Description	
Control Type	Pre-timed
Cycle Length (s):	90.0
Lock Timings:	<input type="checkbox"/>
Optimize Cycle Length:	Optimize
Optimize Splits:	Optimize
Actuated Cycle(s):	90.0
Natural Cycle(s):	110.0
Max v/c Ratio:	1.32
Intersection Delay (s):	109.9
Intersection LOS:	F

→ Ciclo semafórico

Resultados:
 Grado de Saturación
 Demora Total
 Nivel de servicio

Figura 180: Resultados obtenidos optimizando el tiempo del semáforo y eliminando el porcentaje de vehículos pesados.

Fuente: Programa Synchro 8.0

Intersección II: Avenida Gustavo Pinto con Avenida Jorge Basadre Grohmann

VOLUME SETTINGS												
Lanes and Sharing (#RL)		↑			↑			↑↑			↑↑	
Traffic Volume (vph)	0	440	576	0	588	312	0	1472	100	0	1216	148
Conflicting Peds. (#/hr)	12	—	18	20	—	20	12	—	12	16	—	16
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
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 181: Cuadro de Volume Settings eliminando el porcentaje de vehículos pesados en la Intersección II.

Fuente: Programa Synchro 8.0

TIMING SETTINGS												
Turn Type	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Protected Phases	—	6	—	—	2	—	—	4	—	—	8	—
Permitted Phases	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Detector Phases	—	6	—	—	2	—	—	4	—	—	8	—
Switch Phase	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—
Leading Detector (m)	—	10.0	—	—	10.0	—	—	10.0	—	—	10.0	—
Trailing Detector (m)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—
Minimum Initial (s)	—	4.0	—	—	4.0	—	—	4.0	—	—	4.0	—
Minimum Split (s)	—	20.0	—	—	20.0	—	—	20.0	—	—	20.0	—
Total Split (s)	—	47.0	—	—	47.0	—	—	43.0	—	—	43.0	—
Yellow Time (s)	—	3.0	—	—	3.0	—	—	3.0	—	—	3.0	—
All-Red Time (s)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—
Lost Time Adjust (s)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—
Lagging Phase?	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Allow Lead/Lag Optimize?	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Recall Mode	—	Max	—	—	Max	—	—	Max	—	—	Max	—
Actuated Effct. Green (s)	—	44.0	—	—	44.0	—	—	40.0	—	—	40.0	—
Actuated g/C Ratio	—	0.49	—	—	0.49	—	—	0.44	—	—	0.44	—
Volume to Capacity Ratio	—	1.14	—	—	1.07	—	—	1.09	—	—	0.87	—
Control Delay (s)	—	100.6	—	—	74.9	—	—	78.1	—	—	16.6	—
Queue Delay (s)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—
Total Delay (s)	—	100.6	—	—	74.9	—	—	78.1	—	—	16.6	—
Level of Service	—	F	—	—	E	—	—	E	—	—	B	—

Figura 182: Cuadro de Timings Settings optimizado de la Intersección II.

Fuente: Programa Synchro 8.0

Se muestra el nivel de servicio y los niveles de servicio por acceso de la intersección II

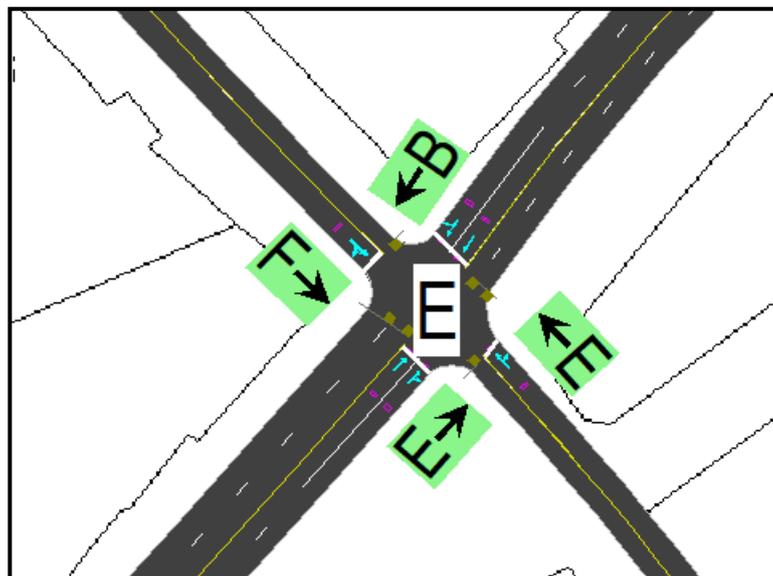


Figura 183: Niveles de servicio por acceso y nivel de servicio de la intersección II optimizando el tiempo del semáforo y eliminando el porcentaje de vehículos pesados.

Fuente: Programa Synchro 8.0

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 #	6
Zone:	
X East (m):	1236.5
Y North (m):	-1043.8
Z Elevation (m):	0.0
Description	
Control Type:	Pretime
Cycle Length (s):	90.0
Lock Timings:	<input type="checkbox"/>
Optimize Cycle Length:	Optimize
Optimize Splits:	Optimize
Actuated Cycle(s):	90.0
Natural Cycle(s):	100.0
Max v/c Ratio:	1.14
Intersection Delay (s):	64.9
Intersection LOS:	E

→ Ciclo semafórico

Resultados:
Grado de Saturación
Demora Total
Nivel de servicio

Figura 184: Resultados obtenidos optimizando el tiempo del semáforo y eliminando el porcentaje de vehículos pesados.

Fuente: Programa Synchro 8.0

Intersección III: Avenida Gregorio Albarracín con Avenida Jorge Basadre Grohmann

VOLUME SETTINGS												
	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	SEL	SET	SER	NWL	NWT	NWR
Lanes and Sharing (#RL)		↑↓		↑↓			↑			↑		
Traffic Volume (vph)	0	1528	124	0	1076	120	0	512	312	0	436	312
Conflicting Peds. (#/hr)	16	—	16	0	—	20	8	—	12	16	—	16
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
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 185: Cuadro de Volume Settings eliminando el porcentaje de vehículos pesados en la Intersección III.

Fuente: Programa Synchro 8.0

TIMING SETTINGS												
	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	SEL	SET	SER	NWL	NWT	NWR
Turn Type	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Protected Phases	—	2	—	—	6	—	—	4	—	—	8	—
Permitted Phases	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Detector Phases	—	2	—	—	6	—	—	4	—	—	8	—
Switch Phase	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—
Leading Detector (m)	—	10.0	—	—	10.0	—	—	10.0	—	—	10.0	—
Trailing Detector (m)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—
Minimum Initial (s)	—	1.0	—	—	1.0	—	—	1.0	—	—	1.0	—
Minimum Split (s)	—	20.0	—	—	20.0	—	—	20.0	—	—	20.0	—
Total Split (s)	—	45.0	—	—	45.0	—	—	40.0	—	—	40.0	—
Yellow Time (s)	—	3.0	—	—	3.0	—	—	3.0	—	—	3.0	—
All-Red Time (s)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—
Lost Time Adjust (s)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—
Lagging Phase?	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Allow Lead/Lag Optimize?	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Recall Mode	—	Max	—									
Actuated Effct. Green (s)	—	42.0	—	—	42.0	—	—	37.0	—	—	37.0	—
Actuated g/C Ratio	—	0.49	—	—	0.49	—	—	0.44	—	—	0.44	—
Volume to Capacity Ratio	—	1.07	—	—	0.64	—	—	1.05	—	—	1.02	—
Control Delay (s)	—	45.0	—	—	17.5	—	—	70.1	—	—	62.7	—
Queue Delay (s)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—
Total Delay (s)	—	45.0	—	—	17.5	—	—	70.1	—	—	62.7	—
Level of Service	—	D	—	—	B	—	—	E	—	—	E	—

Figura 186: Cuadro de Timings Settings optimizado de la Intersección III.

Fuente: Programa Synchro 8.0

Se muestra el nivel de servicio y los niveles de servicio por acceso de la intersección III

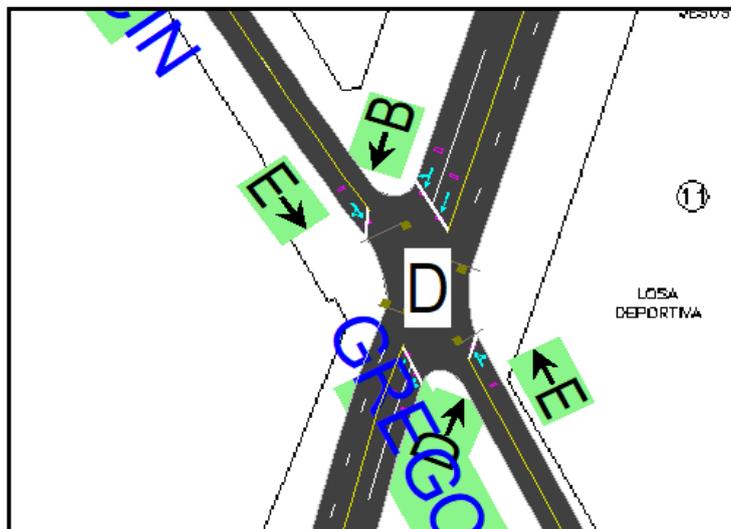


Figura 187: Niveles de servicio por acceso y nivel de servicio de la intersección III optimizando el tiempo del semáforo y eliminando el porcentaje de vehículos pesados.

Fuente: Programa Synchro 8.0

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 #	9
Zone:	
X East (m):	661.7
Y North (m):	-1891.3
Z Elevation (m):	0.0
Description	
Control Type	Pre-timed
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):	88.8
Max v/c Ratio:	1.07
Intersection Delay (s):	45.2
Intersection LOS:	D

→ Ciclo semafórico

 } **Resultados:**
 Grado de Saturación
 Demora Total
 Nivel de servicio

Figura 188: Resultados obtenidos optimizando el tiempo del semáforo y eliminando el porcentaje de vehículos pesados.

Fuente: Programa Synchro 8.0

Intersección IV: Avenida Billinghamurst con Avenida Jorge Basadre Grohmann

VOLUME SETTINGS												
Lanes and Sharing (#RL)			↗			↗		↕	↕		↕	↕
Traffic Volume (vph)	0	404	452	0	472	220	0	1580	180	0	1176	120
Conflicting Peds. (#/hr)	8	—	12	12	—	16	12	—	12	24	—	28
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	—	1	—	—	0	—	—	0	—	—	2
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
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 189: Cuadro de Volume Settings eliminando el porcentaje de vehículos pesados en la Intersección IV.

Fuente: Programa Synchro 8.0

TIMING SETTINGS												
Turn Type	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Protected Phases	—	6	—	—	2	—	—	4	—	—	8	—
Permitted Phases	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Detector Phases	—	6	—	—	2	—	—	4	—	—	8	—
Switch Phase	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—
Leading Detector (m)	—	10.0	—	—	10.0	—	—	10.0	—	—	10.0	—
Trailing Detector (m)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—
Minimum Initial (s)	—	4.0	—	—	4.0	—	—	4.0	—	—	4.0	—
Minimum Split (s)	—	20.0	—	—	20.0	—	—	20.0	—	—	20.0	—
Total Split (s)	—	40.0	—	—	40.0	—	—	45.0	—	—	45.0	—
Yellow Time (s)	—	3.0	—	—	3.0	—	—	3.0	—	—	3.0	—
All-Red Time (s)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—
Lost Time Adjust (s)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—
Lagging Phase?	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Allow Lead/Lag Optimize?	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Recall Mode	—	Max	—	—	Max	—	—	Max	—	—	Max	—
Actuated Effct. Green (s)	—	37.0	—	—	37.0	—	—	42.0	—	—	42.0	—
Actuated g/C Ratio	—	0.44	—	—	0.44	—	—	0.49	—	—	0.49	—
Volume to Capacity Ratio	—	1.32	—	—	0.97	—	—	1.28	—	—	0.93	—
Control Delay (s)	—	179.5	—	—	49.9	—	—	153.2	—	—	20.4	—
Queue Delay (s)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—
Total Delay (s)	—	179.5	—	—	49.9	—	—	153.2	—	—	20.4	—
Level of Service	—	F	—	—	D	—	—	F	—	—	C	—

Figura 190: Cuadro de Timings Settings optimizado de la Intersección IV.

Fuente: Programa Synchro 8.0

Se muestra el nivel de servicio y los niveles de servicio por acceso de la intersección IV

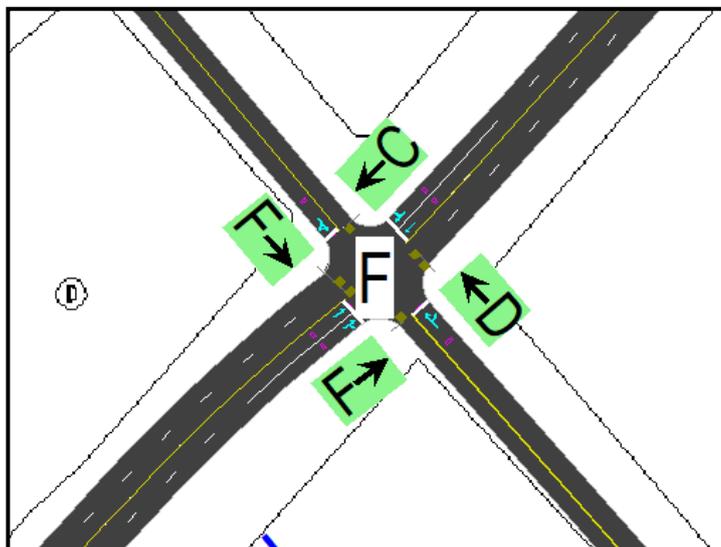


Figura 191: Niveles de servicio por acceso y nivel de servicio de la intersección IV optimizando el tiempo del semáforo y eliminando el porcentaje de vehículos pesados.

Fuente: Programa Synchro 8.0

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 #	12
Zone:	
X East (m):	296.9
Y North (m):	-2469.2
Z Elevation (m):	0.0
Description	
Control Type	Pretime
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):	120.0
Max v/c Ratio:	1.32
Intersection Delay (s):	105.2
Intersection LOS:	F

→ Ciclo semafórico

Resultados:
Grado de Saturación
Demora Total
Nivel de servicio

Figura 192: Resultados obtenidos optimizando el tiempo del semáforo y eliminando el porcentaje de vehículos pesados en la intersección IV.

Fuente: Programa Synchro 8.0

3.5.2.5. Aumento de un carril en la avenida Jorge Basadre Sur en cada sentido

Se consideró aumentar un carril en la avenida Jorge Basadre Grohmann Sur subida y un carril Jorge Basadre Grohmann Sur bajada como propuesta de solución. A continuación, se detalla los resultados de las cuatro intersecciones evaluadas:

Intersección I: Avenida Basadre y Forero con Avenida Jorge Basadre Grohmann

LANE SETTINGS	SEL	SET	SER	NWL	NWT	NWR	NEL	NET	NER	SWL	SWT	SWR
Lanes and Sharing (#RL)		↑			↑			↑↑↑			↑↑↑	
Traffic Volume (vph)	0	464	428	0	540	26	0	1688	188	0	1232	192
Street Name	BASADRE Y FORERO			BASADRE Y FORERO			JORGE BASADRE GROHMAN			JORGE BASADRE GROHMAN		
Link Distance (m)	—	385.3	—	—	409.3	—	—	1156.3	—	—	402.9	—
Link Speed (km/h)		50			50			50			50	

Figura 193: Cuadro de Lane Settings aumentando un carril en la avenida Jorge Basadre G. en cada sentido en la Intersección I.

Fuente: Programa Synchro 8.0

Se muestra el nivel de servicio y los niveles de servicio por acceso de la intersección I

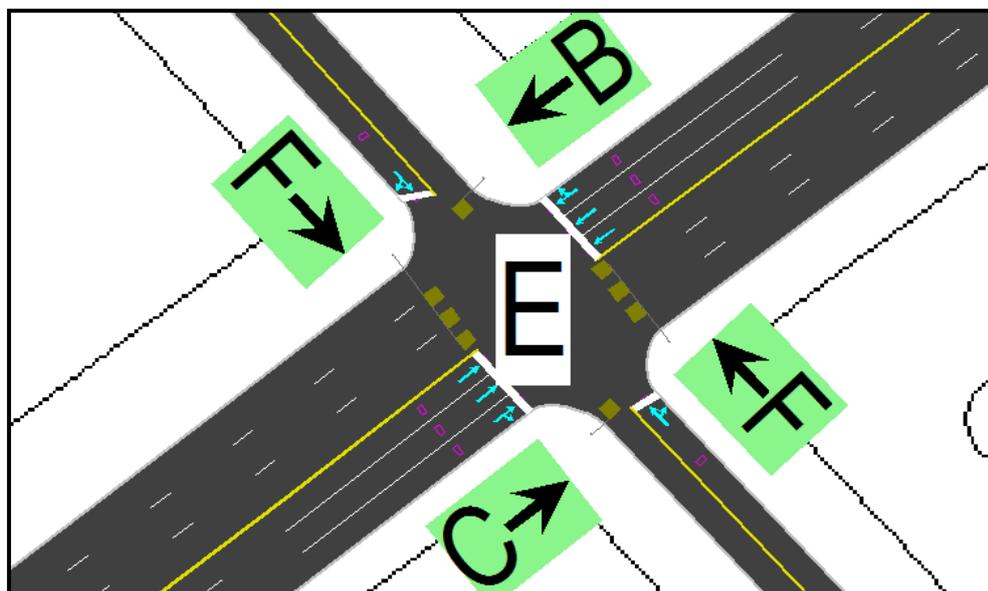


Figura 194: Niveles de servicio por acceso y nivel de servicio de la intersección I aumentando un carril en la avenida Jorge Basadre G. en cada sentido en la Intersección I.

Fuente: Programa Synchro 8.0

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:	
X East (m):	2145.5
Y North (m):	-332.0
Z Elevation (m):	0.0
Description	
Control Type:	Pre-timed
Cycle Length (s):	59.0
Lock Timings:	<input type="checkbox"/>
Optimize Cycle Length:	Optimize
Optimize Splits:	Optimize
Actuated Cycle(s):	59.0
Natural Cycle(s):	59.0
Max v/c Ratio:	1.33
Intersection Delay (s):	64.5
Intersection LOS:	E

→ Ciclo semafórico

Resultados:
Grado de Saturación
Demora Total
Nivel de servicio

Figura 195: Resultados obtenidos aumentando un carril en la avenida Jorge Basadre G. en cada sentido en la Intersección I.

Fuente: Programa Synchro 8.0

Intersección II: Avenida Gustavo Pinto con Avenida Jorge Basadre Grohmann

LANE SETTINGS												
Lanes and Sharing (#RL)		↑			↑		↑↑↑			↑↑↑		
Traffic Volume (vph)	0	440	576	0	588	312	0	1472	100	0	1216	148
Street Name	GUSTAVO PINTO			GUSTAVO PINTO			JORGE BASADRE GROHMA			JORGE BASADRE GROHMA		
Link Distance (m)	—	445.1	—	—	297.0	—	—	1044.1	—	—	1156.3	—

Figura 196: Cuadro de Lane Settings aumentando un carril en la avenida Jorge Basadre G. en cada sentido en la Intersección II.

Fuente: Programa Synchro 8.0

Se muestra el nivel de servicio y los niveles de servicio por acceso de la intersección II

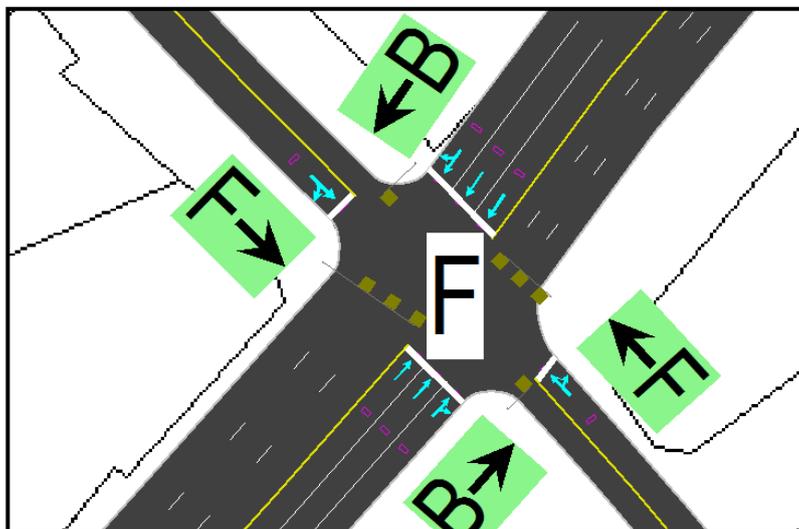


Figura 197: Niveles de servicio por acceso y nivel de servicio de la intersección II aumentando un carril en la avenida Jorge Basadre G. en cada sentido en la Intersección II.

Fuente: Programa Synchro 8.0

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 #	6
Zone:	
X East (m):	1236.5
Y North (m):	-1043.8
Z Elevation (m):	0.0
Description	
Control Type	Pre-timed
Cycle Length (s):	59.0
Lock Timings:	<input type="checkbox"/>
Optimize Cycle Length:	Optimize
Optimize Splits:	Optimize
Actuated Cycle(s):	59.0
Natural Cycle(s):	80.0
Max v/c Ratio:	1.42
Intersection Delay (s):	87.1
Intersection LOS:	F

→ Ciclo semafórico

Resultados:
 Grado de Saturación
 Demora Total
 Nivel de servicio

Figura 198: Resultados obtenidos aumentando un carril en la avenida Jorge Basadre G. en cada sentido en la Intersección II.

Fuente: Programa Synchro 8.0

Intersección III: Avenida Gregorio Albarracín con Avenida Jorge Basadre Grohmann

LANE SETTINGS	←			↑			→			↖			↗		
	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	EL	SET	SER	NWL	NWT	NWR			
Lanes and Sharing (#RL)	↑↑↑			↑↑↑						↑					
Traffic Volume (vph)	0	1528	124	0	1076	120	0	512	312	0	436	312			
Street Name	JORGE BASADRE GROHMA			JORGE BASADRE GROHMA			GREGORIO ALBARRACIN			GREGORIO ALBARRACIN					
Link Distance (m)	692.2			1044.1			215.2			157.2					

Figura 199: Cuadro de Lane Settings aumentando un carril en la avenida Jorge Basadre G. en cada sentido en la Intersección III.

Fuente: Programa Synchro 8.0

Se muestra el nivel de servicio y los niveles de servicio por acceso de la intersección III.

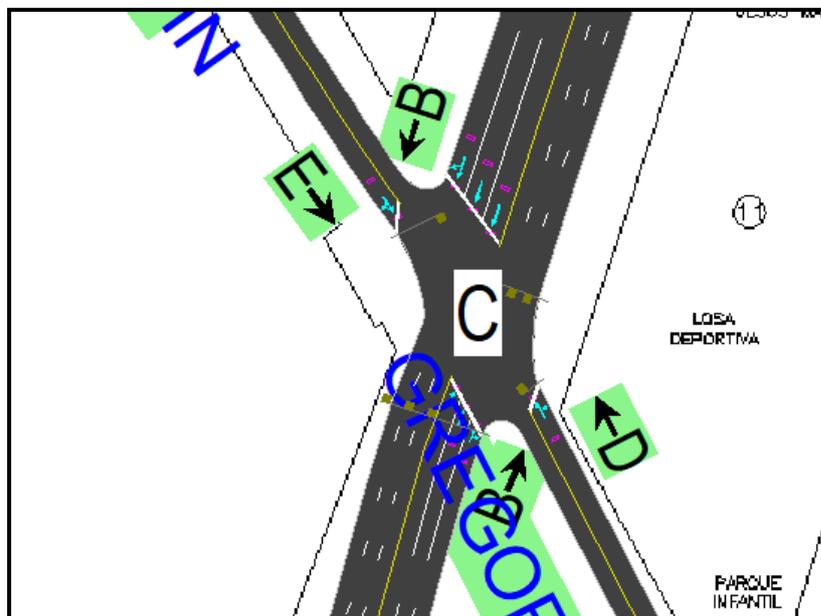


Figura 200: Niveles de servicio por acceso y nivel de servicio de la intersección III. aumentando un carril en la avenida Jorge Basadre G. en cada sentido en la Intersección III.

Fuente: Programa Synchro 8.0

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 #	9
Zone:	
X East (m):	661.7
Y North (m):	-1891.3
Z Elevation (m):	0.0
Description	
Control Type	Pratimed
Cycle Length (s):	59.0
Lock Timings:	<input type="checkbox"/>
Optimize Cycle Length:	Optimize
Optimize Splits:	Optimize
Actuated Cycle(s):	59.0
Natural Cycle(s):	75.0
Max v/c Ratio:	1.05
Intersection Delay (s):	32.4
Intersection LOS:	C

→ Ciclo semafórico

Resultados:
Grado de Saturación
Demora Total
Nivel de servicio

Figura 201: Resultados obtenidos aumentando un carril en la avenida Jorge Basadre G. en cada sentido en la Intersección III.

Fuente: Programa Synchro 8.0

Intersección IV: Avenida Billinghamurst con Avenida Jorge Basadre Grohmann

LANE SETTINGS	SEL	SET	SER	NWL	NWT	NWR	NEL	NET	NER	SWL	SWT	SWR
Lanes and Sharing (#RL)		↔			↔		↕↕↕	↕↕↕		↕↕↕	↕↕↕	
Traffic Volume (vph)	0	404	452	0	472	220	0	1580	180	0	1176	120
Street Name	BILLINGHURST			BILLINGHURST			JORGE BASADRE GROHMA			JORGE BASADRE GROHMA		
Link Distance (m)	—	307.7	—	—	342.0	—	—	316.3	—	—	632.2	—

Figura 202: Cuadro de Lane Settings aumentando un carril en la avenida Jorge Basadre G. en cada sentido en la Intersección IV.

Fuente: Programa Synchro 8.0

Se muestra el nivel de servicio y los niveles de servicio por acceso de la intersección IV

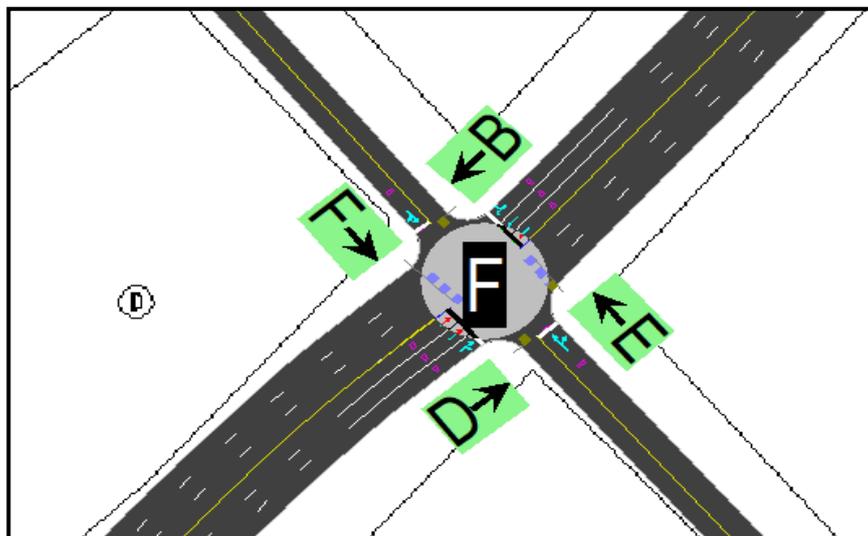


Figura 203: Niveles de servicio por acceso y nivel de servicio de la intersección IV aumentando un carril en la avenida Jorge Basadre G. en cada sentido en la Intersección IV.

Fuente: Programa Synchro 8.0

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 #	12
Zone:	
X East (m):	296.9
Y North (m):	-2469.2
Z Elevation (m):	0.0
Description	
Control Type:	Pre-timed
Cycle Length (s):	59.0
Lock Timings:	<input type="checkbox"/>
Optimize Cycle Length:	Optimize
Optimize Splits:	Optimize
Actuated Cycle(s):	59.0
Natural Cycle(s):	120.0
Max v/c Ratio:	1.47
Intersection Delay (s):	80.5
Intersection LOS:	F

→ Ciclo semafórico

Resultados:
 Grado de Saturación
 Demora Total
 Nivel de servicio

Figura 204: Resultados obtenidos aumentando un carril en la avenida Jorge Basadre G. en cada sentido en la Intersección IV.

Fuente: Programa Synchro 8.0

3.5.2.5. Aumento de un carril en la avenida Jorge Basadre Sur en cada sentido, optimización de semáforo y eliminación de vehículos pesados.

Se procede a buscar una solución completa uniendo las tres propuestas anteriores para obtener un tránsito normal. A continuación, se detallará los resultados en cada intersección:

Intersección I: Avenida Basadre y Forero con Avenida Jorge Basadre Grohmann

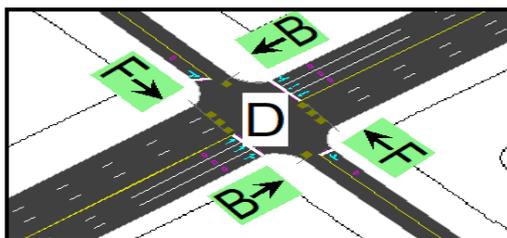


Figura 205: Niveles de servicio por acceso y nivel de servicio de la intersección I aumentando un carril en la avenida Jorge Basadre G. en cada sentido, optimizando con el mismo tiempo de semáforo de la propuesta anterior y eliminando el porcentaje de vehículos pesados en la Intersección I.

Fuente: Programa Synchro 8.0

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:	
X East (m):	2145.5
Y North (m):	-332.0
Z Elevation (m):	0.0
Description	
Control Type	Pretimed
Cycle Length (s):	90.0
Lock Timings:	<input type="checkbox"/>
Optimize Cycle Length:	Optimize
Optimize Splits:	Optimize
Actuated Cycle(s):	90.0
Natural Cycle(s):	65.0
Max v/c Ratio:	1.21
Intersection Delay (s):	49.8
Intersection LOS:	D

→ Ciclo semafórico

Resultados:
 Grado de Saturación
 Demora Total
 Nivel de servicio

Figura 206: Resultados obtenidos aumentando un carril en la avenida Jorge Basadre G. en cada sentido, optimizando con el mismo tiempo de semáforo de la propuesta anterior y eliminando el porcentaje de vehículos pesados en la Intersección I.

Fuente: Programa Synchro 8.0

Intersección II: Avenida Gustavo Pinto con Avenida Jorge Basadre Grohmann

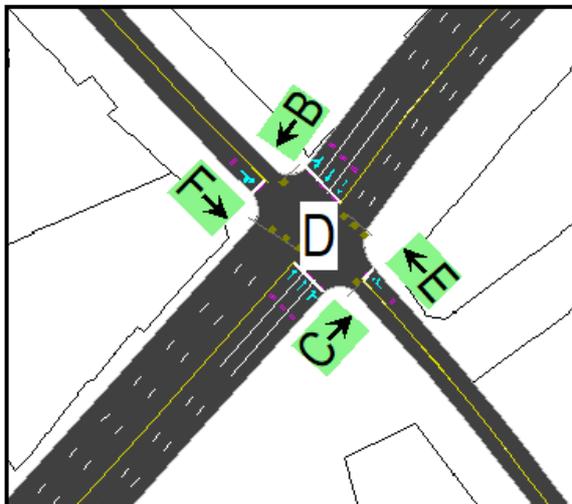


Figura 207: Niveles de servicio por acceso y nivel de servicio de la intersección II aumentando un carril en la avenida Jorge Basadre G. en cada sentido, optimizando con el mismo tiempo de semáforo de la propuesta anterior y eliminando el porcentaje de vehículos pesados en la Intersección II.

Fuente: Programa Synchro 8.0

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 #	6
Zone:	
X East (m):	1236.5
Y North (m):	-1043.8
Z Elevation (m):	0.0
Description	
Control Type	Pre-timed
Cycle Length (s):	90.0
Lock Timings:	<input type="checkbox"/>
Optimize Cycle Length:	Optimize
Optimize Splits:	Optimize
Actuated Cycle(s):	90.0
Natural Cycle(s):	60.0
Max v/c Ratio:	1.14
Intersection Delay (s):	46.6
Intersection LOS:	D

→ Ciclo semafórico

Resultados:
Grado de Saturación
Demora Total
Nivel de servicio

Figura 208: aumentando un carril en la avenida Jorge Basadre G. en cada sentido, optimizando con el mismo tiempo de semáforo de la propuesta anterior y eliminando el porcentaje de vehículos pesados en la Intersección II.

Fuente: Programa Synchro 8.0

Intersección III: Avenida Gregorio Albarracín con Avenida Jorge Basadre Grohmann

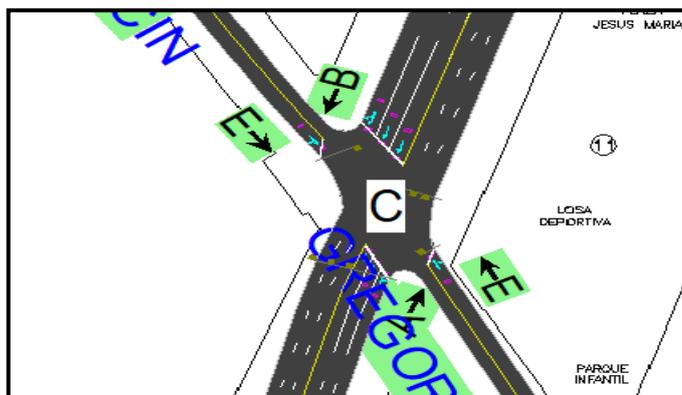


Figura 209: Niveles de servicio por acceso y nivel de servicio de la intersección III aumentando un carril en la avenida Jorge Basadre G. en cada sentido, optimizando con el mismo tiempo de semáforo de la propuesta anterior y eliminando el porcentaje de vehículos pesados en la Intersección III.

Fuente: Programa Synchro 8.0

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 #	9
Zone:	
X East (m):	661.7
Y North (m):	-1891.3
Z Elevation (m):	0.0
Description	
Control Type:	Pre-timed
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):	35.0
Max v/c Ratio:	1.05
Intersection Delay (s):	30.1
Intersection LOS:	C

→ Ciclo semafórico

Resultados:
Grado de Saturación
Demora Total
Nivel de servicio

Figura 210: Resultados obtenidos aumentando un carril en la avenida Jorge Basadre G. en cada sentido, optimizando con el mismo tiempo de semáforo de la propuesta anterior y eliminando el porcentaje de vehículos pesados en la Intersección III.

Fuente: Programa Synchro 8.0

Intersección IV: Avenida Billinghamurst con Avenida Jorge Basadre Grohmann

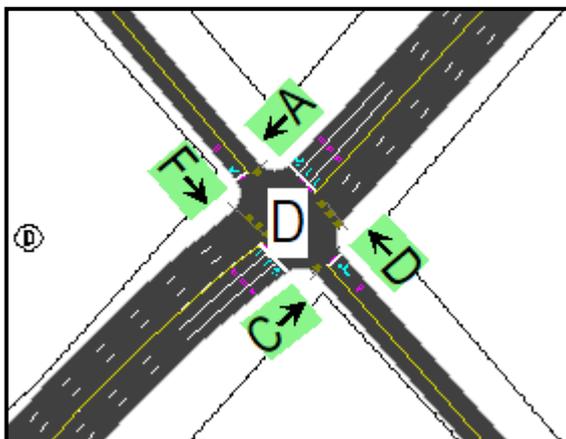


Figura 211: Niveles de servicio por acceso y nivel de servicio de la intersección IV aumentando un carril en la avenida Jorge Basadre G. en cada sentido, optimizando con el mismo tiempo de semáforo de la propuesta anterior y eliminando el porcentaje de vehículos pesados en la Intersección IV.

Fuente: Programa Synchro 8.0

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 #	12
Zone:	
X East (m):	296.9
Y North (m):	-2469.2
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):	75.0
Max v/c Ratio:	1.32
Intersection Delay (s):	53.2
Intersection LOS:	D

→ Ciclo semafórico

Resultados:
Grado de Saturación
Demora Total
Nivel de servicio

Figura 212: Resultados obtenidos aumentando un carril en la avenida Jorge Basadre G. en cada sentido, optimizando con el mismo tiempo de semáforo de la propuesta anterior y eliminando el porcentaje de vehículos pesados en la Intersección IV.

Fuente: Programa Synchro 8.0

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Grado de saturación y nivel de servicio

Tabla 14: *Situación Real*

Situación real	Grado de Saturación	Demora total	Nivel de Servicio
Intersección I: Av. Basadre y Forero con Av. Jorge Basadre G.	1.33	118.7 segundos	F
Intersección II: Av. Gustavo Pinto con Av. Jorge Basadre G.	1.42	96.3 segundos	F
Intersección III: Av. Gregorio Albarracín con Av. Jorge Basadre G.	1.37	95.8 segundos	F
Intersección IV: Av. Billinghamurst con Av. Jorge Basadre G.	1.49	166.9 segundos	F

Fuente: Elaboración propia

4.2. Alternativas de Solución

Seguidamente se presenta las propuestas de solución planteadas:

Tabla 15: *Optimización de tiempos de semáforos.*

Propuesta de Solución N°01	Grado de Saturación	Demora total	Nivel de Servicio
Intersección I: Av. Basadre y Forero con Av. Jorge Basadre G.	1.30	112.1 segundos	F
Intersección II: Av. Gustavo Pinto con Av. Jorge Basadre G.	1.15	72.0 segundos	E
Intersección III: Av. Gregorio Albarracín con Av. Jorge Basadre G.	1.18	70.1 segundos	E
Intersección IV: Av. Billinghamurst con Av. Jorge Basadre G.	1.44	137.5 segundos	F

Fuente: Elaboración propia

Intersección I: Av. Basadre y Forero con Av. Jorge Basadre G.

El grado de saturación o relación volumen a capacidad mejora de 1.33 a 1.30.

La demora total baja de 118.7 segundos a 112.1 segundos.

No mejora el nivel de servicio en los accesos, manteniéndose el nivel de servicio de la intersección en F.

Intersección II: Av. Gustavo Pinto con Av. Jorge Basadre G.

El grado de saturación o relación volumen a capacidad mejora de 1.42 a 1.15

La demora total baja de 96.3 segundos a 72.0 segundos.

Tiene una gran mejora el nivel de servicio en todos los accesos, quedando un nivel de servicio de la intersección de E.

Intersección III: Av. Gregorio Albarracín con Av. Jorge Basadre G.

El grado de saturación o relación volumen a capacidad mejora de 1.37 a 1.18.

La demora total baja de 95.8 segundos a 70.1 segundos.

Tiene una gran mejora el nivel de servicio en todos los accesos, quedando un nivel de servicio de la intersección de E.

Intersección IV: Av. Billinghamurst con Av. Jorge Basadre G.

El grado de saturación o relación volumen a capacidad mejora de 1.49 a 1.44.

La demora total baja de 166.9 segundos a 137.5 segundos.

No mejora el nivel de servicio en los accesos, manteniéndose el nivel de servicio de la intersección en F.

Tabla 16: *Eliminación de vehículos pesados.*

Propuesta de Solución N°02	Grado de Saturación	Demora total	Nivel de Servicio
Intersección I: Av. Basadre y Forero con Av. Jorge Basadre G.	1.33	118.0 segundos	F
Intersección II: Av. Gustavo Pinto con Av. Jorge Basadre G.	1.41	92.9 segundos	F
Intersección III: Av. Gregorio Albarracín con Av. Jorge Basadre G.	1.24	74.2 segundos	E
Intersección IV: Av. Billinghamurst con Av. Jorge Basadre G.	1.47	131.4 segundos	F

Fuente: Elaboración propia

Intersección I: Av. Basadre y Forero con Av. Jorge Basadre G.

El grado de saturación o relación volumen a capacidad no mejora, manteniéndose en 1.33.

La demora total se mantiene con 118.0 segundos.

No mejora el nivel de servicio en los accesos, manteniéndose el nivel de servicio de la intersección en F.

Intersección II: Av. Gustavo Pinto con Av. Jorge Basadre G.

El grado de saturación o relación volumen a capacidad mejora de 1.42 a 1.41.

La demora total baja de 96.3 segundos a 92.9 segundos.

No mejora el nivel de servicio en los accesos, manteniéndose el nivel de servicio de la intersección en F.

Intersección III: Av. Gregorio Albarracín con Av. Jorge Basadre G.

El grado de saturación o relación volumen a capacidad mejora de 1.37 a 1.24.

La demora total baja de 95.8 segundos a 74.2 segundos.

Tiene una gran mejora el nivel de servicio en todos los accesos, quedando un nivel de servicio de la intersección de E.

Intersección IV: Av. Billinghamurst con Av. Jorge Basadre G.

El grado de saturación o relación volumen a capacidad mejora de 1.49 a 1.47.

La demora total baja de 166.9 segundos a 131.4 segundos.

No mejora el nivel de servicio en los accesos, manteniéndose el nivel de servicio de la intersección en F.

Tabla 17: Optimización de semáforos y eliminación de vehículos pesados.

Propuesta de Solución N°03	Grado de Saturación	Demora total	Nivel de Servicio
Intersección I: Av. Basadre y Forero con Av. Jorge Basadre G.	1.32	109.9 segundos	F
Intersección II: Av. Gustavo Pinto con Av. Jorge Basadre G.	1.14	64.9 segundos	E
Intersección III: Av. Gregorio Albarracín con Av. Jorge Basadre G.	1.07	45.2 segundos	D
Intersección IV: Av. Billinghamurst con Av. Jorge Basadre G.	1.32	105.2 segundos	F

Fuente: Elaboración propia

Intersección I: Av. Basadre y Forero con Av. Jorge Basadre G.

El grado de saturación o relación volumen a capacidad mejora de 1.33 a 1.32.

La demora total baja de 118.7 segundos a 109.9 segundos.

No mejora el nivel de servicio en los accesos, manteniéndose el nivel de servicio de la intersección en F.

Intersección II: Av. Gustavo Pinto con Av. Jorge Basadre G.

El grado de saturación o relación volumen a capacidad mejora de 1.42 a 1.14.

La demora total baja de 96.3 segundos a 64.9 segundos.

No mejora el nivel de servicio en los accesos, manteniéndose el nivel de servicio de la intersección en E.

Intersección III: Av. Gregorio Albarracín con Av. Jorge Basadre G.

El grado de saturación o relación volumen a capacidad mejora de 1.37 a 1.07.

La demora total baja de 95.8 segundos a 45.2 segundos.

Tiene una gran mejora el nivel de servicio en todos los accesos, quedando un nivel de servicio de la intersección de D.

Intersección IV: Av. Billinghamurst con Av. Jorge Basadre G.

El grado de saturación o relación volumen a capacidad mejora de 1.49 a 1.32.

La demora total baja de 166.9 segundos a 105.2 segundos.

No mejora el nivel de servicio en los accesos, manteniéndose el nivel de servicio de la intersección en F.

Tabla 18: Aumento de un carril en la avenida Jorge Basadre Sur en cada sentido.

Propuesta de Solución N°06	Grado de Saturación	Demora total	Nivel de Servicio
Intersección I: Av. Basadre y Forero con Av. Jorge Basadre G.	1.33	64.5 segundos	E
Intersección II: Av. Gustavo Pinto con Av. Jorge Basadre G.	1.42	87.1 segundos	F
Intersección III: Av. Gregorio Albarracín con Av. Jorge Basadre G.	1.05	32.4 segundos	C
Intersección IV: Av. Billinghamurst con Av. Jorge Basadre G.	1.47	80.5 segundos	F

Fuente: Elaboración propia

Intersección I: Av. Basadre y Forero con Av. Jorge Basadre G.

El grado de saturación o relación volumen a capacidad no mejora manteniéndose en 1.33.

La demora total baja de 118.7 segundos a 64.5 segundos.

Tiene una gran mejora el nivel de servicio en todos los accesos, quedando un nivel de servicio de la intersección de E.

Intersección II: Av. Gustavo Pinto con Av. Jorge Basadre G.

El grado de saturación o relación volumen a capacidad no mejora manteniéndose en 1.42 segundos.

La demora total baja de 96.3 segundos a 87.1 segundos.

No mejora el nivel de servicio en los accesos, manteniéndose el nivel de servicio de la intersección en F.

Intersección III: Av. Gregorio Albarracín con Av. Jorge Basadre G.

El grado de saturación o relación volumen a capacidad mejora de 1.37 a 1.05

La demora total baja de 95.8 segundos a 32.4 segundos.

Tiene una gran mejora el nivel de servicio en todos los accesos, quedando un nivel de servicio de la intersección de C.

Intersección IV: Av. Billinghamurst con Av. Jorge Basadre G.

El grado de saturación o relación volumen a capacidad mejora de 1.49 a 1.47.

La demora total baja de 166.9 segundos a 80.5 segundos.

No mejora el nivel de servicio en los accesos, manteniéndose el nivel de servicio de la intersección en F.

Tabla 19: Aumento de un carril en la avenida Jorge Basadre Sur en cada sentido, optimización de semáforo y eliminación de vehículos pesados.

Propuesta de Solución N°07	Grado de Saturación	Demora total	Nivel de Servicio
Intersección I: Av. Basadre y Forero con Av. Jorge Basadre G.	1.21	49.8 segundos	D
Intersección II: Av. Gustavo Pinto con Av. Jorge Basadre G.	1.14	46.6 segundos	D
Intersección III: Av. Gregorio Albarracín con Av. Jorge Basadre G.	1.05	30.1 segundos	C
Intersección IV: Av. Billinghamurst con Av. Jorge Basadre G.	1.32	53.2 segundos	D

Fuente: Elaboración propia

Intersección I: Av. Basadre y Forero con Av. Jorge Basadre G.

El grado de saturación o relación volumen a capacidad mejora de 1.33 a 1.21.

La demora total baja de 118.7 segundos a 49.8 segundos.

Tiene una gran mejora el nivel de servicio en todos los accesos, quedando un nivel de servicio de la intersección de D.

Intersección II: Av. Gustavo Pinto con Av. Jorge Basadre G.

El grado de saturación o relación volumen a capacidad mejora de 1.42 a 1.14

La demora total baja de 96.3 segundos a 46.6 segundos.

Tiene una gran mejora el nivel de servicio en todos los accesos, quedando un nivel de servicio de la intersección de D.

Intersección III: Av. Gregorio Albarracín con Av. Jorge Basadre G.

El grado de saturación o relación volumen a capacidad mejora de 1.37 a 1.05.

La demora total baja de 95.8 segundos a 30.1 segundos.

Tiene una gran mejora el nivel de servicio en todos los accesos, quedando un nivel de servicio de la intersección de C.

Intersección IV: Av. Billinghamurst con Av. Jorge Basadre G.

El grado de saturación o relación volumen a capacidad mejora de 1.49 a 1.32.

La demora total baja de 166.9 segundos a 53.2 segundos.

Tiene una gran mejora el nivel de servicio en todos los accesos, quedando un nivel de servicio de la intersección de D.

RESUMEN DE PROPUESTAS DE SOLUCIÓN:

Tabla 20: Resumen de las propuestas de Solución.

Mejora	Intersección I			Intersección II			Intersección III			Intersección IV		
	GS	DT	NS	GS	DT	NS	GS	DT	NS	GS	DT	NS
N°01	1.30	112.1	F	1.15	72.0	E	1.18	70.1	E	1.44	137.5	F
N°02	1.33	118.0	F	1.41	92.9	F	1.24	74.2	E	1.47	131.4	F
N°03	1.32	109.9	F	1.14	64.9	E	1.07	45.2	D	1.32	105.2	F
N°04	1.33	64.5	E	1.42	87.1	F	1.05	32.4	C	1.47	80.5	F
N°05	1.21	49.8	D	1.14	46.6	D	1.05	30.1	C	1.32	53.2	D

Fuente: Elaboración propia: GS: Grado de Saturación, DT: Demora Total, NS:

Nivel de Servicio

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN

Situación Actual

El resultado obtenido en la tabla 14, 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 las cuatro intersecciones como son la Avenida Basadre y Forero con la Avenida Jorge Basadre Grohmann, Avenida Gustavo Pinto con la Avenida Jorge Basadre Grohmann, Avenida Gregorio Albarracín con la Avenida Jorge Basadre Grohmann, Avenida Billinghamurst con la Avenida Jorge Basadre Grohmann Sur en la ciudad de Tacna.

El resultado obtenido en la tabla 14, 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 las cuatro intersecciones como son la Avenida Basadre y Forero con la Avenida Jorge Basadre Grohmann, Avenida

Gustavo Pinto con la Avenida Jorge Basadre Grohmann, Avenida Gregorio Albarracín con la Avenida Jorge Basadre Grohmann, Avenida Billinghamurst con la Avenida Jorge Basadre Grohmann Sur en la ciudad de Tacna no es el adecuado ya que presenta demoras elevadas.

Alternativas de solución

- **Optimización de tiempos de semáforos**

Se puede observar los resultados obtenidos de optimizar los tiempos de semáforos de las cuatro intersecciones en la tabla 15, que muestra que el grado de saturación mejora, pero sigue siendo crítico.

Por otra parte, la demora total baja, sin embargo, las intersecciones I y IV se mantiene en un nivel de servicio inadecuado, y solo la intersección II y III obtiene una mejora con un nivel de servicio E

Por lo tanto, no es una propuesta que solucione la problemática en estudio ya que el nivel de servicio actual no mejora en su totalidad y por ende la congestión vehicular continuaría en la mayoría de las intersecciones evaluadas.

- **Eliminación de Vehículos Pesados**

Se puede observar los resultados obtenidos al eliminar los vehículos pesados desviándolos por otra vía de las cuatro intersecciones en la tabla 16, que muestra que el grado de saturación mejora, pero sigue siendo crítico.

Por otra parte, la demora total baja considerablemente ya que los vehículos pesados mantienen una velocidad menor que los vehículos ligeros, sin embargo, las intersecciones I, II Y IV se mantiene en un nivel de servicio inadecuado, y solo la intersección III obtiene una mejora con un nivel de servicio E

Por lo tanto, no es una propuesta que solucione la problemática en estudio ya que el nivel de servicio actual no mejora en su totalidad y por ende la congestión vehicular continuaría en la mayoría de las intersecciones evaluadas.

- **Optimización de semáforos y eliminación de Vehículos Pesados**

Se puede observar los resultados obtenidos de optimizar los tiempos de semáforos y la eliminación de los vehículos pesados de las cuatro intersecciones en la tabla 17, que muestra que el grado de saturación tiene una mejora, pero sigue siendo crítico ya que sigue siendo mayor que 1.

Por otra parte, la demora total baja considerablemente ya que los vehículos pesados mantienen una velocidad menor que los vehículos ligeros y la optimización de tiempos de semáforo contribuye al flujo continuo de las intersecciones, sin embargo, las intersecciones I y IV se mantiene de promedio en un nivel de servicio inadecuado, y las intersecciones II y III obtienen una mejora con un nivel de servicio E y D correspondientemente.

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.

Esta alternativa de solución resulta sencilla de realizar así que podría tomarse en cuenta como solución factible por ser de bajo costo.

- **Aumento de un carril en la Avenida Jorge Basadre Sur en cada sentido**

Se puede observar los resultados obtenidos al aumentar un carril en la avenida Jorge Basadre Grohmann Sur de subida y bajada en las cuatro intersecciones en la tabla N°18, que muestra que el grado de saturación mejora notablemente.

A su vez la demora en su mayoría de las intersecciones evaluadas disminuye notablemente, permitiendo lograr un nivel de servicio deseable. Excepto en la intersección II que viene a ser la intersección más crítica, seguidamente de la intersección IV pasando el límite de una demora desable.

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.

- **Aumento de un carril en la Avenida Jorge Basadre Sur en cada sentido, optimización de semáforo y eliminación de vehículos pesados**

Se puede observar los resultados obtenidos al aumentar un carril en la avenida Jorge Basadre Grohmann Sur de suroeste y noreste, como también la optimización del tiempo de semáforos y la eliminación de los vehículos pesados en las cuatro intersecciones en la tabla 19, que muestra que el grado de saturación mejora notablemente.

A su vez la demora total disminuye considerablemente, permitiendo lograr un nivel de servicio deseable en la totalidad de las intersecciones estudiadas.

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.

PROPUESTAS DE MEJORA

De las Propuesta de mejora presentadas anteriormente se llega a la elección de una propuesta, que, a nuestro parecer, es asequible de poner en práctica y mejorar el flujo del tráfico vehicular.

Aumento de un carril en la Avenida Jorge Basadre G. en los accesos Noreste y Suroeste, optimización de semáforo y eliminación de vehículos pesados

La propuesta es la modificación de la sección vial con el aumento de carriles en el acceso de la avenida Jorge Basadre G., se basa en la reducción de la berma central, ampliando el tercer carril con sentido de frente en la Av Jorge Basadre G. suroeste y noreste. Se tiene la explicación detallada de las cuatro Intersecciones con sus respectivos croquis de cómo es la propuesta de mejora.

Intersección I: Avenida Basadre y Forero con Avenida Jorge Basadre G.

Se basa en el aumento de carriles en la avenida Jorge Basadre G. reduciendo la berma central obteniendo un carril con sentido de frente porque se tiene mayor volumen de vehículos en el acceso noreste con un ancho de 3.00m y otro carril con sentido de frente en el acceso sureste con un ancho de 3.00m.

También se considera optimizar los tiempos de semáforos de 59 segundos a 90 segundos para mejorar grado de saturación 1.33 a 1.21.

Como mejora para la demora total se estableció la eliminación del porcentaje de vehículos pesados de la intersección I, bajó de 118.7 a 49.8 segundos.

Seguidamente se aprecia el croquis de la modificación de carriles con sus respectivos sentidos y la reducción de la berma central.

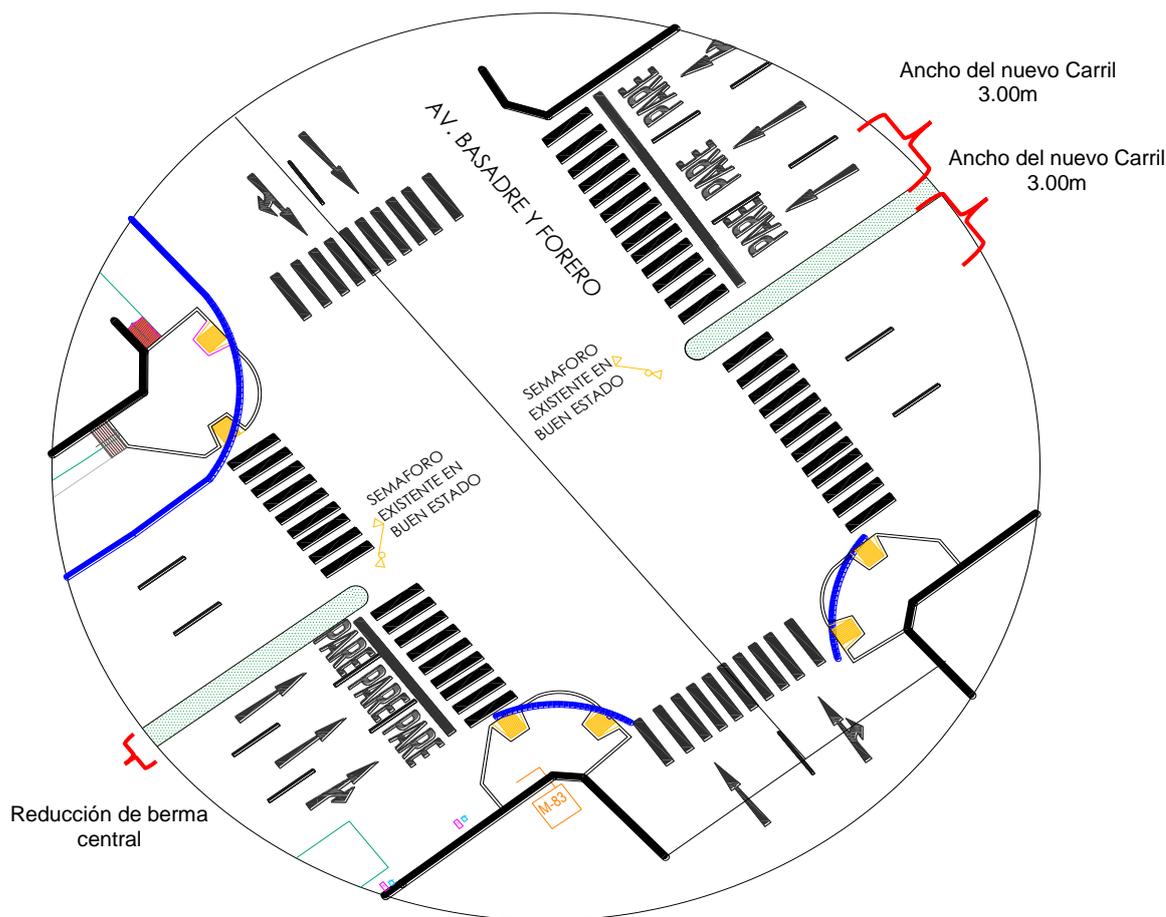


Figura 213: Croquis general de la intersección I con tres carriles en sentido noreste y suroeste en la avenida Jorge Basadre Grohmann Sur

Fuente: Elaboración propia.

Intersección II: Avenida Gustavo Pinto con Avenida Jorge Basadre G.

Se basa en el aumento de carriles en la avenida Jorge Basadre G. reduciendo la berma central obteniendo un carril con sentido de frente porque se tiene mayor volumen de vehículos en el acceso noreste con un ancho de 3.60m y otro carril con sentido de frente en el acceso sureste con un ancho de 3.60m.

También se considera optimizar los tiempos de semáforos de 59 segundos a 90 segundos para mejorar grado de saturación 1.42 a 1.14.

Como mejora para la demora total se estableció la eliminación del porcentaje de vehículos pesados de la intersección II, bajó de 96.3 a 46.6 segundos.

Seguidamente se aprecia el croquis de la modificación de carriles con sus respectivos sentidos y la reducción de la berma central.

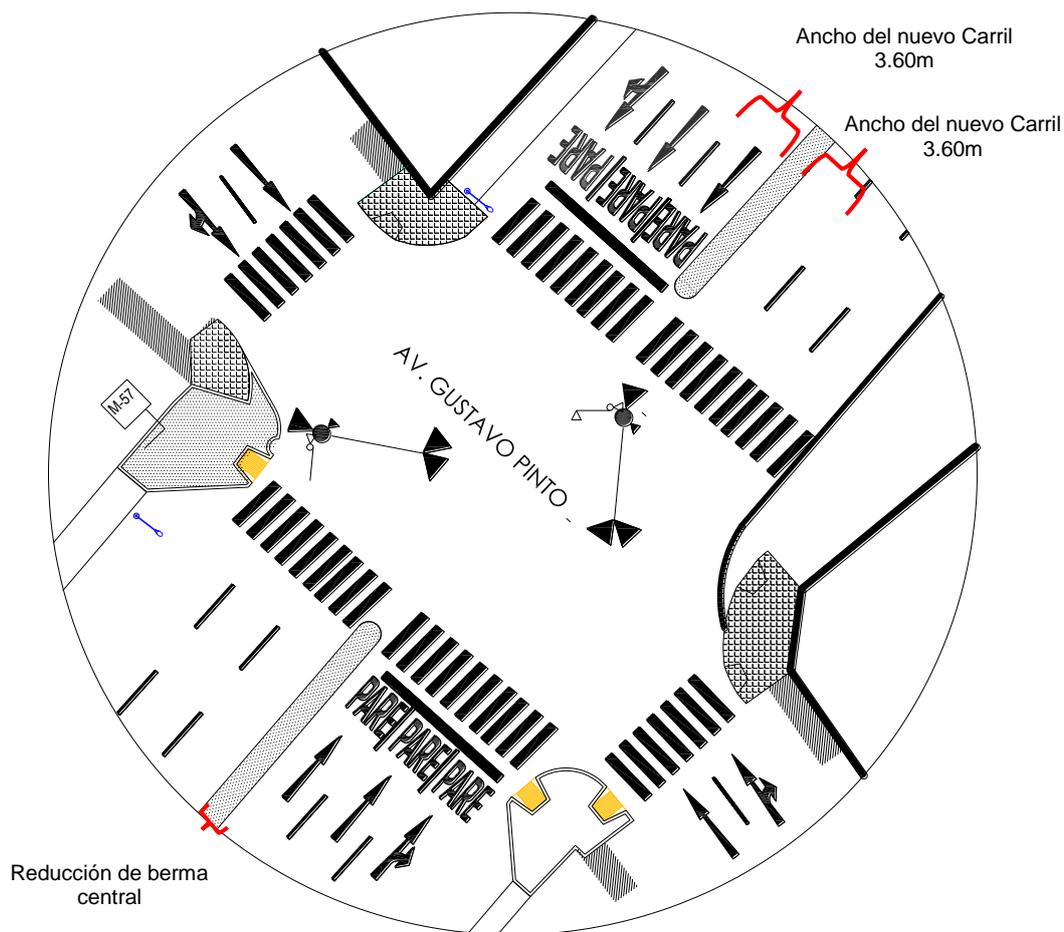


Figura 214: Croquis general de la intersección II con tres carriles en sentido noreste y suroeste en la avenida Jorge Basadre Grohmann Sur

Fuente: Elaboración propia.

Intersección III: Avenida Gregorio Albarracín con Avenida Jorge Basadre Grohmann.

Se basa en el aumento de carriles en la avenida Jorge Basadre G. reduciendo la berma central obteniendo un carril con sentido de frente porque se tiene mayor volumen de vehículos en el acceso noreste con un ancho de 3.60m y otro carril con sentido de frente en el acceso sureste con un ancho de 3.30m.

También se considera optimizar los tiempos de semáforos de 59 segundos a 85 segundos para mejorar grado de saturación 1.37 a 1.05.

Como mejora para la demora total se estableció la eliminación del porcentaje de vehículos pesados de la intersección III, bajó de 95.8 a 30.1 segundos.

Seguidamente se aprecia el croquis de la modificación de carriles con sus respectivos sentidos y la reducción de la berma central.

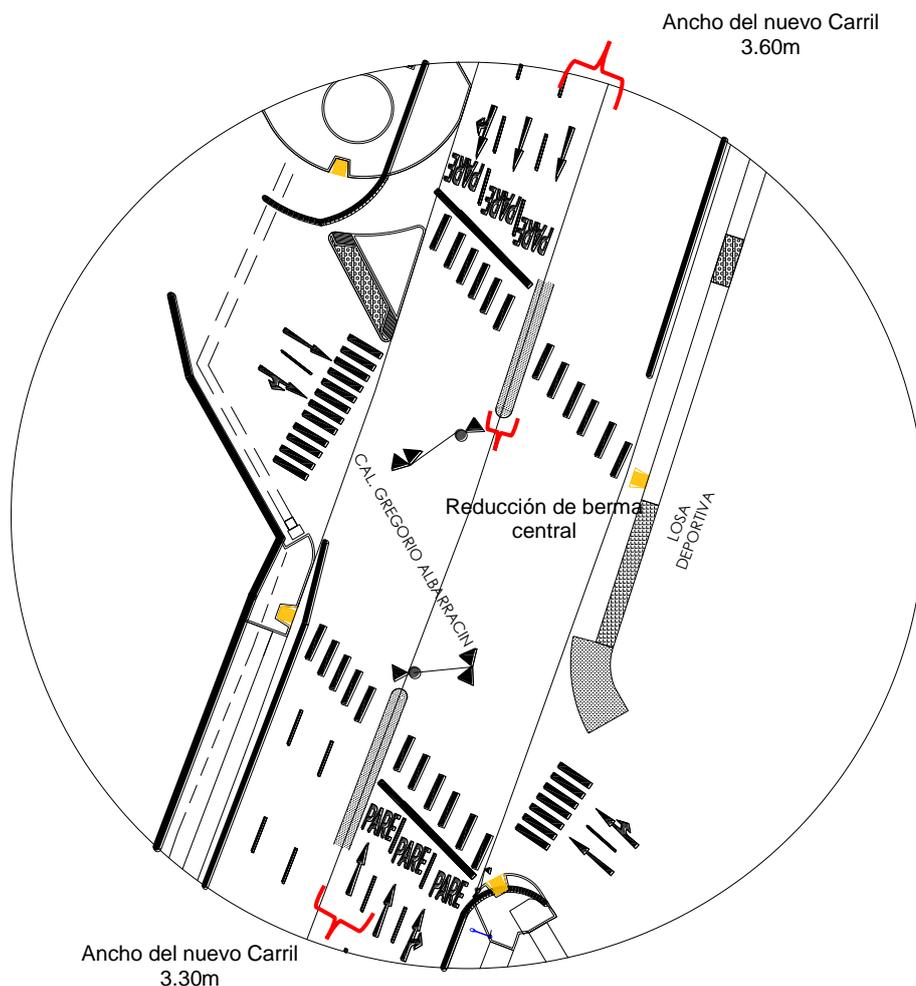


Figura 215: Croquis general de la intersección III con tres carriles en sentido noreste y suroeste en la avenida Jorge Basadre Grohmann Sur

Fuente: Elaboración propia.

Intersección IV: Avenida Billinghamst con Avenida Jorge Basadre Grohmann.

Se basa en el aumento de carriles en la avenida Jorge Basadre G. reduciendo la berma central obteniendo un carril con sentido de frente porque se tiene mayor volumen de vehículos en el acceso noreste con un ancho de 3.00m y otro carril con sentido de frente en el acceso sureste con un ancho de 3.30m.

También se considera optimizar los tiempos de semáforos de 59 segundos a 80 segundos para mejorar grado de saturación 1.49 a 1.32.

Como mejora para la demora total se estableció la eliminación del porcentaje de vehículos pesados de la intersección IV, bajó de 166.9 a 53.2 segundos.

Seguidamente se aprecia el croquis de la modificación de carriles con sus respectivos sentidos y la reducción de la berma central.

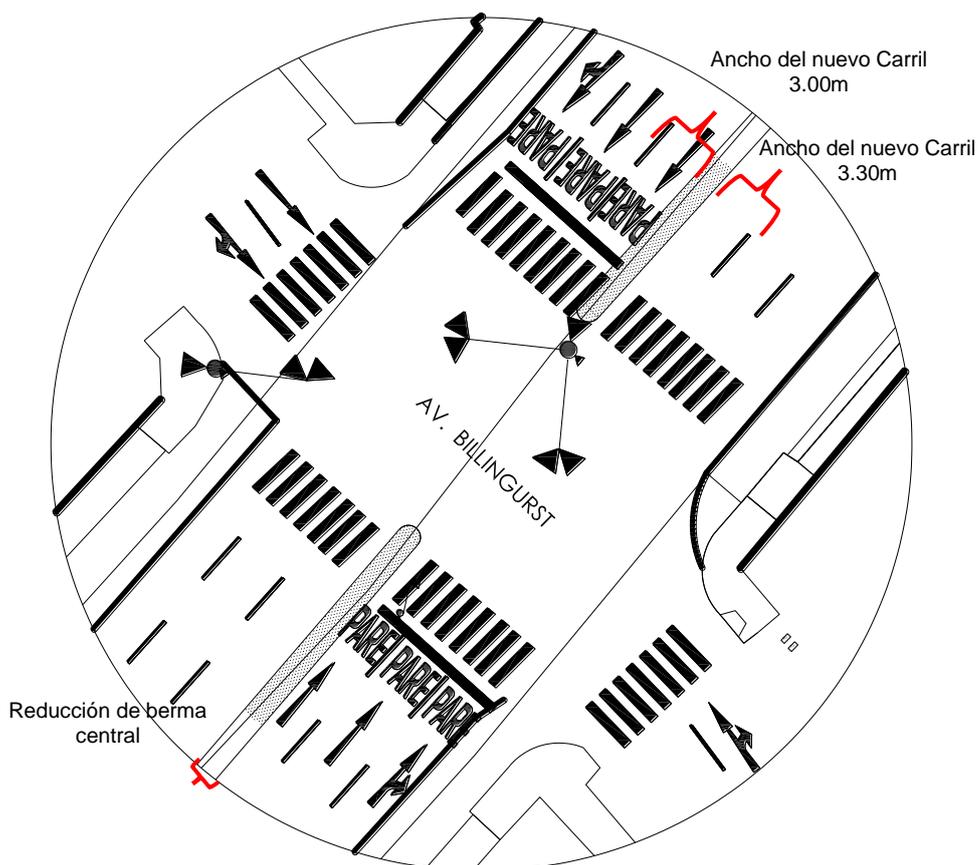


Figura 216: Croquis general de la intersección IV con tres carriles en sentido noreste y suroeste en la avenida Jorge Basadre Grohmann Sur

Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

- Mediante el modelado con el uso del software Synchro, se obtuvo que la Intersección I: Basadre y Forero – Jorge Basadre Grohmann, presentaba un nivel de servicio F, la Intersección II: Gustavo Pinto – Jorge Basadre Grohmann, mostraba un nivel de servicio F, la Intersección III: Gregorio Albarracín – Jorge Basadre Grohmann, mostraba un nivel de servicio F, y la Intersección IV: Billinghamurst – Jorge Basadre Grohmann, tenía un nivel de servicio F. Las cuatro intersecciones presentaron un inadecuado nivel de servicio, por ende, muestra demoras elevadas en el paso de los vehículos pesados, generando retrasos de viaje, largos tiempos de espera y colas. Luego de aplicar las propuestas descritas en el Capítulo V: Discusión Aumento de un carril en la avenida Jorge Basadre Sur en cada sentido, optimización de semáforo y eliminación de vehículos pesados, se obtiene un nivel de servicio de D para la Intersección I, D para la Intersección II, C para la Intersección III, D para la Intersección IV. Presentándose una mejora de las condiciones del nivel de servicio en las intersecciones estudiadas.
- Se identifica los niveles de servicio obtenidos en las intersecciones Basadre y Forero – Jorge Basadre Grohmann, Gustavo Pinto - Jorge Basadre Grohmann, Gregorio Albarracín - Jorge Basadre Grohmann y Billinghamurst - Jorge Basadre Grohmann, según el modelado en el software Synchro 8.0, corresponden a un nivel de servicio F. Siendo la intersección Gustavo Pinto - Jorge Basadre Grohmann la más crítica, se concluye que presentan un alto grado de saturación, demora y nivel de servicio dentro de la ciudad.
- Se determina la mejora en el flujo vehicular mediante el aumento de un carril en la avenida Jorge Basadre Sur en cada sentido, optimización de semáforo y eliminación de vehículos pesados. Teniendo como resultado en la Intersección I: D en el nivel de servicio, 49.8 segundos en la demora y 1.21 en el grado de saturación; para la Intersección II: D en el nivel de servicio, 46.6 en la demora y 1.14 en el grado de saturación; para la Intersección III: C en el nivel de servicio, 30.1 en la demora y 1.05 en el grado de saturación y finalmente para la Intersección IV: D en el nivel de servicio, 53.2 en la demora y 1.32 en el grado de saturación. Determinando que la presente propuesta es la más eficiente y que se podría realizar en un mediano plazo.
- Se analiza que los vehículos pesados generan demoras en las intersecciones Basadre y Forero – Jorge Basadre Grohmann, Gustavo Pinto - Jorge Basadre Grohmann, Gregorio Albarracín - Jorge Basadre Grohmann y Billinghamurst -

Jorge Basadre Grohmann. Aplicando la propuesta de eliminación de vehículos pesados, se ve una mejora en la demora obteniendo los siguientes resultados: Intersección I: 118.0 segundos de demora; para la Intersección II: 92.9 de demora; para la Intersección III: 74.2 de demora y finalmente para la Intersección IV: 131.4 de demora. Pero no es suficiente para una propuesta de solución ya que los niveles de servicio de las cuatro intersecciones no mejoran en su totalidad.

RECOMENDACIONES

- El análisis de las intersecciones de estudio podría ser verificado a detalle por las autoridades competentes en este caso la Gerencia de Transporte y Seguridad Ciudadana de la Municipalidad Provincial de Tacna, y emplear los datos y resultados para gestionar nuevos proyectos con el fin del desarrollo vial de la zona y logro de un mejoramiento en la congestión vehicular, así como disminución de accidentes y menor contaminación ambiental.
- Se recomienda a la Municipalidad Provincial de Tacna, realizar estudios de tráfico periódicos para observar el comportamiento del tránsito año tras año, debido al crecimiento demográfico de la ciudad de Tacna y el aumento del parque automotor.
- En medida que no sea posible realizar la gestión del tránsito con nuevos proyectos, se puede efectuar la canalización del tránsito a corto plazo tan sólo con una reprogramación correcta de los intervalos de tiempo de los semáforos en las intersecciones estudiadas para lograr un significativo mejoramiento en el tránsito vehicular y peatonal de esta vía.
- Se recomienda a Provias Nacional Zonal Tacna - Moquegua, tomar las medidas necesarias para el desvío de vehículos pesados en la avenida Jorge Basadre Grohmann Sur, debido al abundante tráfico en las horas críticas mostradas en el aforo vehicular.

BIBLIOGRAFÍA

- Angaspilco, C. (2014). *Nivel de serviciabilidad en las avenidas; Atahualpa, Juan XXIII, Independencia, de los Héroes y San Martín de la ciudad de Cajamarca* (Tesis de postgrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Perú.
- Cal Y Mayor, R., Cardenas, J. (2007). *Ingeniería de Tránsito – Fundamentos y aplicaciones*. 8va Edición. México D.F., México. Alfaomega Grupo Editor S.S. de C.V. (p. 446-449).
- Chanax, J. (2015). *Alternativas del ordenamiento vial para el mejoramiento del flujo vehicular de la calzada Raúl Aguilar Batres* (Tesis de pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Chávez, V. (2005). Elementos de la Vialidad Urbana. *Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas* (p. 3/12). Lima, Perú
- Costa, F. (2018). Flujo Vehicular por Unidades de Peaje. *Instituto Nacional de Estadística e Informática*.
- González, J., Rodríguez, G., Martínez, J. (2000) ¿Cómo mejorar el flujo vehicular por medio de la simulación?
- HCM (2010). *Manual de Capacidad de Carreteras*.
- Instituto Nacional De Estadística e Informática (2016). *Análisis de los Accidentes de Tránsitos Ocurridos en el Año 2016*
- Jeri, G. (2015). *Optimización del ciclo semafórico en intersecciones congestionadas a nivel microscópico* (Tesis de postgrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Perú.
- Mariño, I., Bayas, M. (2011). *El Tráfico Vehicular en la Intersección de la Avenida Atahualpa y Víctor Hugo y su Incidencia en la Calidad de Vida de los Moradores del Sector Sur de la Ciudad de Ambato* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.
- MTC (2016). *Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para calles y carreteras*. (p. 386-388).

- Municipalidad Provincial de Tacna (2009). *Estudio de inventario de emisiones* (p. 125).
- Municipalidad Provincial de Tacna (2014). *Plan de Desarrollo Urbano de la Provincia de Tacna 2015- 2035* (p. 78).
- Nuñez, C., Villanueva, C. (2015). *Solución vial de la av. primavera comprendida entre las avenidas la encalada y José Nicolás Rodrigo, Lima-Lima-Surco* (Tesis de pregrado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú.
- Organización de Evaluación y Fiscalización Ambiental (2011). *Evaluación rápida del nivel de Ruido Ambiental en las Ciudades de Lima, Callao, Maynas, Coronel Portillo, Huancayo, Huánuco, Cusco y Tacna* (p. 20).
- Ortiz, E., Veliz, A. (2018). *Optimización del flujo vehicular en la intersección vial de la Av. Gustavo Pinto con la Av. Industrial de la ciudad de Tacna - Tacna* (Tesis de pregrado). Universidad Privada de Tacna, Perú.
- Reyna, P. (2015). *Propuesta de mejora de niveles de servicio en dos intersecciones*
- Urbina, C., Torres, A. (2018). *Optimización del flujo vehicular en la Intersección vial de la Av. Bolognesi y la Av. Gustavo Pinto en la ciudad de Tacna* (Tesis de pregrado). Universidad Privada de Tacna, Perú.

ANEXOS

ANEXO N°1

PANEL FOTOGRAFICO



Imagen 1: Se observa las mediciones en campo del ancho de la avenida Jorge Basadre Grohmann en la Intersección I.



Imagen 2: Se observa la anotación de tiempos de rojo, ámbar y verde de los semáforos de la Intersección I.



Imagen 3: Se observa las mediciones en campo del ancho de la berma central de la avenida Jorge Basadre Grohmann en la Intersección I.



Imagen 4: Se observa las mediciones en campo del ancho de la vía de la avenida Gustavo Pinto en la Intersección II.



Imagen 5: Se observa las mediciones en campo del ancho de la vía de la avenida Jorge Basadre Grohmann en la Intersección II.



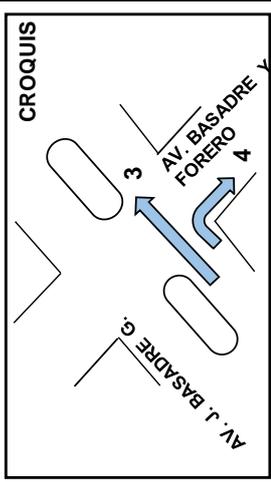
Imagen 6: Se observa las mediciones en campo del ancho de la calzada de la calle Víctor Andrés Belaunde.

ANEXO N°2

AFOROS VEHICULARES

FORMATO DE AFORO VEHICULAR

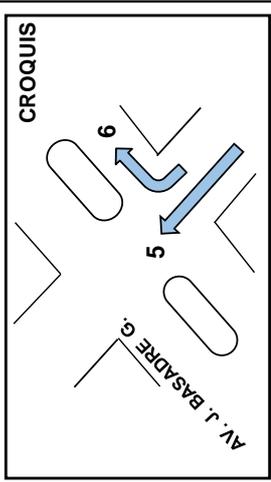
INTERSECCIÓN: AV. JORGE BASADRE GROHMANN - AV. BASADRE Y FORERO
FECHA: Lunes, 06 de Mayo del 2019
ACCESO: SUR - NORTE
ESTACIÓN: E-02



HORA	AUTOS		STATION WAGON		CAMIONETAS		MICRO		BUS		CAMION		SEMI TRAYLER		TRAYLER		TOTAL 15 MIN	
	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO
7:00-7:15	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4
7:15-7:30	85	6	77	6	32	3	0	1	8	1	9	0	15	0	0	0	226	17
7:30-7:45	122	9	142	12	77	2	1	0	15	0	15	0	19	0	1	0	392	23
7:45-8:00	125	25	170	12	69	9	0	0	13	0	21	1	21	0	3	0	422	47
8:00-8:15	132	13	154	25	72	3	0	0	15	0	19	0	15	0	2	0	409	41
8:15-8:30	108	2	148	18	60	2	1	1	14	0	17	1	18	0	2	0	368	24
8:30-8:45	81	4	158	15	53	2	0	0	15	0	13	0	12	0	1	0	333	21
8:45-9:00	46	9	76	9	46	1	8	0	8	0	8	0	9	0	0	0	201	19
9:00-9:15	45	5	86	11	23	0	0	0	2	0	12	1	15	0	1	0	184	17
9:15-9:30	33	2	73	16	26	4	0	0	4	0	9	1	6	0	2	0	153	23
9:30-9:45	46	6	46	8	43	2	0	0	16	0	17	0	11	0	2	0	181	16
9:45-10:00	49	4	32	6	30	0	0	0	2	0	15	0	9	0	1	0	138	10
10:00-10:15	25	9	25	8	51	1	0	0	1	0	16	0	5	0	0	1	123	19
10:15-10:30	79	11	44	9	45	0	0	0	0	0	6	1	2	0	1	0	177	21
10:30-10:45	87	6	51	3	45	0	0	0	1	0	5	0	1	0	0	0	190	9
10:45-11:00	69	8	60	2	32	3	0	0	1	0	5	0	2	0	0	0	169	13
11:00-11:15	83	16	74	8	33	2	0	0	0	0	3	0	0	0	1	0	194	26
11:15-11:30	85	11	79	9	26	2	0	0	0	0	5	1	6	0	0	0	201	23
11:30-11:45	96	13	64	11	30	3	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	193	27
11:45-12:00	108	16	103	6	46	3	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	260	25
12:00-12:15	97	19	136	13	45	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	279	37
12:15-12:30	102	26	150	9	50	2	0	0	2	0	4	0	1	0	1	0	310	37
12:30-12:45	95	28	95	7	66	4	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	264	39
12:45-13:00	91	30	86	10	35	5	1	0	0	0	2	0	3	0	0	0	218	45
13:00-13:15	69	25	55	9	32	0	0	0	0	0	7	0	1	0	1	0	165	34

FORMATO DE AFORO VEHICULAR

INTERSECCIÓN: AV. JORGE BASADRE GROHMANN - AV. BASADRE Y FORERO
FECHA: Lunes, 06 de Mayo del 2019
ACCESO: OESTE - ESTE
ESTACIÓN: E-03



HORA	AUTOS		STATION WAGON		CAMIONETAS		MICRO		BUS		CAMION		SEMI TRAYLER		TRAYLER		TOTAL 15 MIN	
	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO
7:00-7:15	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6
7:15-7:30	37	35	19	1	13	1	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	72	37
7:30-7:45	64	6	31	13	29	19	0	0	0	0	0	0	1	0	0	125	38	
7:45-8:00	60	19	46	18	29	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	135	64	
8:00-8:15	49	21	42	25	33	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	124	56	
8:15-8:30	40	29	32	19	24	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	96	53	
8:30-8:45	34	13	13	4	16	1	0	0	0	0	3	0	1	0	0	67	18	
8:45-9:00	24	2	17	3	8	5	0	0	2	0	1	1	1	0	0	53	11	
12:00-12:15	18	5	13	2	9	3	0	0	0	1	2	0	2	0	0	44	11	
12:15-12:30	9	8	10	3	15	5	0	0	0	0	0	0	1	0	0	35	16	
12:30-12:45	15	11	13	6	12	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	41	23	
12:45-13:00	19	16	15	5	5	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	40	22	
13:00-13:15	17	9	12	2	8	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	38	12	
13:15-13:30	23	8	21	1	6	4	0	0	0	0	2	0	0	0	0	52	13	
13:30-13:45	25	5	15	8	14	8	0	0	1	0	1	0	0	0	0	56	21	
13:45-14:00	22	3	17	6	28	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67	20	
18:00-18:15	20	7	14	4	16	19	0	0	0	0	3	0	0	0	0	53	30	
18:15-18:30	21	6	10	5	5	15	0	0	1	0	2	0	1	0	0	40	26	
18:30-18:45	28	15	11	9	9	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48	37	
18:45-19:00	34	11	18	1	11	14	0	0	0	0	1	0	2	0	0	66	26	
19:00-19:15	45	19	28	1	16	10	0	0	2	0	0	0	0	0	0	91	30	
19:15-19:30	51	14	12	0	18	11	0	0	0	0	0	0	1	0	0	82	25	
19:30-19:45	43	11	32	4	12	11	0	0	1	0	0	0	1	0	0	89	26	
19:45-20:00	52	7	12	7	6	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70	23	
	30	11	25	3	5	7	0	0	1	0	1	0	1	0	0	63	21	

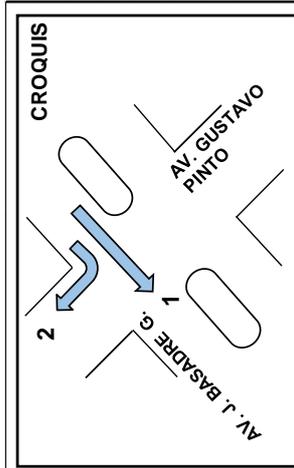
II

FORMATO DE AFORO VEHICULAR

INTERSECCIÓN: AV. JORGE BASADRE GROHMANN - AV. BASADRE Y FORERO
FECHA: Viernes, 10 de Mayo del 2019
ACCESO: ESTE - OESTE
ESTACION: E-04

CROQUIS

HORA	AUTOS		STATION WAGON		CAMIONETAS		MICRO		BUS		CAMION		SEMI TRAYLER		TRAYLER		TOTAL 15 MIN	
	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO
7:00-7:15	34	4	20	12	9	17	0	0	0	0	7	8	0	0	0	0	63	33
7:15-7:30	37	18	22	26	19	43	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	79	87
7:30-7:45	50	33	35	37	30	36	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	116	107
7:45-8:00	44	31	30	19	24	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	98	82
8:00-8:15	35	37	21	18	14	29	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	71	84
8:15-8:30	31	18	13	34	6	22	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	53	74
8:30-8:45	22	26	18	25	6	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46	66
8:45-9:00	16	25	13	18	9	9	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	40	52
12:00-12:15	8	13	10	16	4	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	45
12:15-12:30	14	4	13	25	4	15	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	38	44
12:30-12:45	17	9	16	24	10	19	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	46	52
12:45-13:00	15	14	12	30	11	6	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	39	50
13:00-13:15	21	18	21	12	12	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54	39
13:15-13:30	22	16	24	18	10	11	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	57	45
13:30-13:45	20	9	27	16	12	31	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	61	56
13:45-14:00	19	8	26	21	8	25	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	54	54
18:00-18:15	19	13	20	19	3	17	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	43	49
18:15-18:30	27	28	23	18	3	22	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	54	68
18:30-18:45	23	38	18	16	3	23	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	45	77
18:45-19:00	31	28	19	16	4	19	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	55	63
19:00-19:15	40	23	32	27	6	28	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	79	78
19:15-19:30	42	23	35	24	5	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	82	79
19:30-19:45	31	18	36	32	3	11	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	71	61
19:45-20:00	28	13	31	22	4	12	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	64	47



FORMATO DE AFORO VEHICULAR

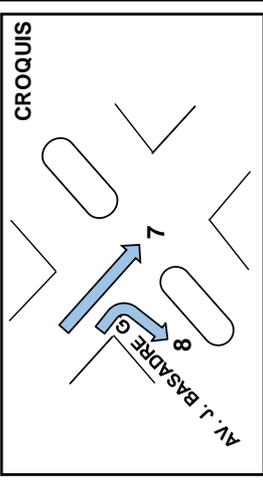
INTERSECCIÓN: AV. JORGE BASADRE GROHMANN - AV. GUSTAVO PINTO
FECHA: Miércoles, 08 de Mayo del 2019
ACCESO: NORTE - SUR
ESTACIÓN: E-01

HORA	AUTOS		STATION WAGON		CAMIONETAS		MICRO		BUS		CAMION		SEMI TRAYLER		TRAYLER		TOTAL 15 MIN	
	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO
7:00-7:15	113	3	68	2	37	3	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0	222	8
7:15-7:30	135	6	65	4	36	2	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	244	12
7:30-7:45	152	16	112	9	26	5	0	0	0	1	9	0	0	0	0	0	299	31
7:45-8:00	137	17	116	8	34	5	0	0	1	0	7	0	0	0	0	0	295	30
8:00-8:15	118	6	83	7	17	2	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	227	15
8:15-8:30	100	8	55	4	23	4	0	0	0	0	6	0	1	0	0	0	185	16
8:30-8:45	66	3	58	6	19	1	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0	147	10
8:45-9:00	57	5	48	3	22	3	0	0	0	0	4	1	0	0	0	0	131	12
12:00-12:15	56	4	47	1	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	110	5
12:15-12:30	62	3	47	2	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	125	5
12:30-12:45	83	4	41	3	19	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	148	7
12:45-13:00	79	2	44	2	24	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	149	4
13:00-13:15	132	6	59	3	38	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	230	11
13:15-13:30	92	8	48	3	31	0	0	0	0	0	4	0	1	0	0	0	176	11
13:30-13:45	84	6	42	3	33	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	161	10
13:45-14:00	71	11	45	2	20	2	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	145	15
18:00-18:15	31	7	12	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47	7
18:15-18:30	105	6	52	3	26	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	185	9
18:30-18:45	107	9	63	6	26	0	0	0	0	0	3	0	4	0	0	0	203	15
18:45-19:00	70	7	38	1	15	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	126	8
19:00-19:15	96	6	46	4	20	1	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	165	11
19:15-19:30	61	5	34	2	12	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	109	7
19:30-19:45	80	7	51	0	21	1	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	156	8
19:45-20:00	69	6	35	5	19	1	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	127	12

FORMATO DE AFORO VEHICULAR																		
CROQUIS																		
AV. J. BASADRE G. AV. GUSTAVO PINTO																		
HORA	AUTOS		STATION WAGON		CAMIONETAS		MICRO		BUS		CAMION		SEMI TRAYLER		TRAYLER		TOTAL 15 MIN	
	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO
7:00-7:15	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4
7:15-7:30	72	1	67	5	30	0	3	0	0	0	2	0	0	0	0	0	174	6
7:30-7:45	132	11	95	8	67	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	295	21
7:45-8:00	154	12	111	11	72	2	1	0	0	0	5	0	0	0	0	0	343	25
8:00-8:15	141	3	146	10	58	3	0	0	2	0	5	0	2	0	0	0	354	16
8:15-8:30	142	1	153	6	63	1	1	0	0	0	8	0	1	0	0	0	368	8
8:30-8:45	86	4	69	5	50	1	0	0	0	0	9	0	1	0	1	0	216	10
8:45-9:00	78	6	64	2	42	5	1	0	0	0	7	0	4	0	0	0	196	13
12:00-12:15	56	4	61	5	40	3	0	0	0	0	6	0	0	0	1	0	164	12
12:15-12:30	49	6	44	8	30	2	0	0	0	0	6	0	2	0	0	0	131	16
12:30-12:45	51	2	48	1	34	2	0	0	1	0	6	0	0	0	1	0	141	5
12:45-13:00	55	5	60	8	29	1	1	1	0	0	6	0	1	0	0	0	152	15
13:00-13:15	54	4	56	6	38	2	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	159	12
13:15-13:30	53	9	58	6	36	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	152	15
13:30-13:45	61	5	51	4	38	3	0	0	0	0	8	1	0	0	0	0	158	13
13:45-14:00	65	1	54	4	42	2	0	0	2	0	8	0	0	0	0	0	171	7
18:00-18:15	71	5	59	3	48	0	0	0	0	0	9	1	0	0	0	0	187	9
18:15-18:30	77	2	55	4	47	3	1	0	0	0	10	0	0	0	0	0	190	9
18:30-18:45	82	8	55	6	37	5	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	180	19
18:45-19:00	90	1	66	3	38	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	197	4
19:00-19:15	84	6	62	7	40	2	0	0	0	0	5	0	2	0	0	0	193	15
19:15-19:30	85	2	53	4	29	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	169	7
19:30-19:45	94	7	66	3	36	2	1	0	0	0	7	0	1	0	1	0	206	12
19:45-20:00	58	1	56	4	24	1	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	142	6
19:45-20:00	61	2	59	4	24	2	0	0	0	0	7	0	1	0	0	0	152	8

III

HORA	AUTOS		STATION WAGON		CAMIONETAS		MICRO		BUS		CAMION		SEMI TRAYLER		TRAYLER		TOTAL 15 MIN		
	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	
	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	
7:00-7:15	42	14	25	7	11	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	79	28
7:15-7:30	48	21	25	22	13	7	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	88	50
7:30-7:45	58	63	42	35	9	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	109	121
7:45-8:00	54	70	40	56	14	18	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	110	144
8:00-8:15	44	35	27	14	6	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	77	60
8:15-8:30	38	21	16	18	8	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	63	43
8:30-8:45	27	25	22	11	7	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56	40
8:45-9:00	20	34	17	14	7	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	46	55
12:00-12:15	10	25	12	4	5	11	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	29	40
12:15-12:30	17	21	16	0	5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	39	21
12:30-12:45	21	28	19	0	13	11	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	57	39
12:45-13:00	19	11	15	21	13	14	0	0	0	0	3	0	1	0	0	0	0	51	46
13:00-13:15	25	14	26	14	15	18	0	0	0	4	2	0	0	0	0	0	0	68	50
13:15-13:30	27	34	18	28	12	21	0	0	0	0	1	4	1	0	0	0	0	59	87
13:30-13:45	24	21	21	18	15	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	63	39
13:45-14:00	23	25	17	14	9	4	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	51	43
18:00-18:15	33	28	12	21	3	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	51	49
18:15-18:30	31	21	15	7	3	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	50	32
18:30-18:45	25	18	22	11	3	7	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	53	36
18:45-19:00	36	21	11	14	5	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	53	39
19:00-19:15	35	39	14	28	8	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	58	71
19:15-19:30	43	28	18	18	7	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	68	60
19:30-19:45	45	18	19	11	4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	69	29
19:45-20:00	37	42	13	14	5	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	56	56

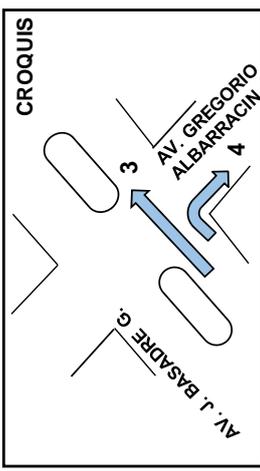


FORMATO DE AFORO VEHICULAR

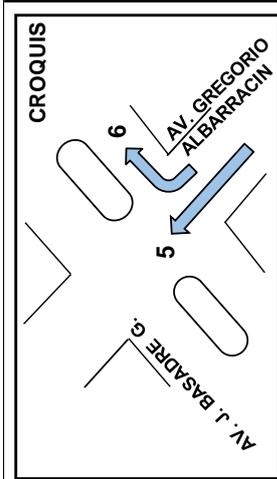
INTERSECCIÓN: AV. JORGE BASADRE GROHMANN - AV. GUSTAVO PINTO
FECHA: Viernes, 10 de Mayo del 2019
ACCESO: ESTE - OESTE
ESTACIÓN: E-04

FORMATO DE AFORO VEHICULAR

INTERSECCIÓN: AV. JORGE BASADRE GROHMANN - AV. GREGORIO ALBARRACÍN
FECHA: Lunes, 06 de Mayo del 2019
ACCESO: SUR - NORTE
ESTACIÓN: E-02



HORA	AUTOS		STATION WAGON		CAMIONETAS		MICRO		BUS		CAMION		SEMI TRAYLER		TRAYLER		TOTAL 15 MIN	
	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO
	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4
7:00-7:15	77	1	85	1	25	0	2	0	5	0	18	0	8	0	2	0	222	2
7:15-7:30	98	5	108	15	34	1	1	0	11	0	12	0	12	0	1	0	277	21
7:30-7:45	125	8	104	19	42	3	0	0	9	0	9	0	10	0	1	0	300	30
7:45-8:00	156	9	129	21	66	1	0	0	15	0	8	0	6	0	2	0	382	31
8:00-8:15	126	6	114	17	33	6	1	1	12	0	17	0	3	0	0	0	306	30
8:15-8:30	91	1	131	11	43	3	0	0	7	0	18	0	1	0	1	0	292	15
8:30-8:45	102	4	97	18	32	0	8	0	3	0	9	0	1	0	0	0	252	22
8:45-9:00	85	9	80	8	24	1	0	0	1	0	7	1	2	0	1	0	200	19
12:00-12:15	55	11	65	1	27	1	0	0	1	0	5	1	0	0	0	0	153	14
12:15-12:30	98	1	49	9	33	0	0	0	0	0	7	0	1	0	0	0	188	10
12:30-12:45	75	13	62	4	28	1	0	0	2	0	5	0	0	0	0	0	172	18
12:45-13:00	76	12	52	3	27	1	0	0	0	0	11	0	0	0	1	0	167	16
13:00-13:15	86	9	48	6	47	1	0	0	1	0	6	1	2	0	0	0	190	17
13:15-13:30	68	5	45	4	46	2	0	0	2	0	8	0	1	0	0	0	170	11
13:30-13:45	80	6	42	4	51	1	0	0	0	0	8	1	2	0	0	0	183	12
13:45-14:00	50	2	56	4	43	3	0	0	2	0	6	0	1	0	0	0	158	9
18:00-18:15	55	3	100	4	16	0	0	0	0	0	1	0	6	0	0	0	178	7
18:15-18:30	60	1	102	1	29	0	0	0	8	0	5	0	2	0	0	0	208	2
18:30-18:45	73	6	90	3	43	2	0	0	0	0	5	0	5	0	0	0	216	11
18:45-19:00	105	6	70	2	26	2	0	0	5	0	8	0	0	0	0	0	214	10
19:00-19:15	95	5	56	2	34	1	0	0	2	0	3	0	2	0	0	0	194	8
19:15-19:30	55	1	39	1	36	1	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	137	3
19:30-19:45	58	5	48	1	26	5	1	0	0	0	1	0	4	0	0	0	138	11
19:45-20:00	59	1	57	5	24	1	0	0	0	0	7	0	0	0	1	0	148	7



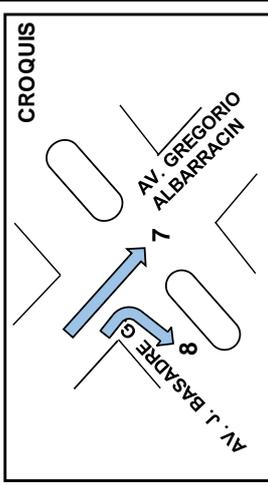
FORMATO DE AFORO VEHICULAR

INTERSECCIÓN: AV. JORGE BASADRE GROHMANN - AV. GREGORIO ALBARRACIN
FECHA: Lunes, 06 de Mayo del 2019
ACCESO: OESTE - ESTE
ESTACIÓN: E-03

HORA	AUTOS		STATION WAGON		CAMIONETAS		MICRO		BUS		CAMION		SEMI TRAYLER		TRAYLER		TOTAL 15 MIN	
	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO
7:00-7:15	30	4	17	1	7	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	55	6
7:15-7:30	35	9	18	5	9	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	62	17
7:30-7:45	44	23	25	12	13	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	82	43
7:45-8:00	42	23	29	20	10	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	81	49
8:00-8:15	33	12	20	7	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	57	22
8:15-8:30	27	17	11	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43	22
8:30-8:45	19	8	16	3	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	11
8:45-9:00	14	5	12	5	4	3	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	31	14
12:00-12:15	7	7	9	0	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	20	7
12:15-12:30	12	5	12	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	5
12:30-12:45	15	4	14	0	9	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	39	5
12:45-13:00	14	1	11	5	10	3	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	38	9
13:00-13:15	19	5	19	5	11	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49	17
13:15-13:30	20	5	13	11	9	8	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	44	25
13:30-13:45	18	7	16	5	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45	12
13:45-14:00	16	8	12	4	6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	35	12
18:00-18:15	17	9	9	7	2	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	30	16
18:15-18:30	14	7	10	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	26	8
18:30-18:45	11	5	16	3	2	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	31	9
18:45-19:00	18	7	7	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	11
19:00-19:15	19	9	11	5	6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	37	14
19:15-19:30	19	5	12	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35	6
19:30-19:45	19	4	14	1	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	37	5
19:45-20:00	16	15	10	4	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	30	19

FORMATO DE AFORO VEHICULAR

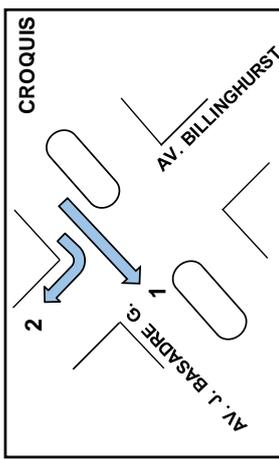
INTERSECCIÓN: AV. JORGE BASADRE GROHMANN - AV. GREGORIO ALBARRACIN
FECHA: Lunes, 06 de Mayo del 2019
ACCESO: ESTE - OESTE
ESTACIÓN: E-04



HORA	AUTOS		STATION WAGON		CAMIONETAS		MICRO		BUS		CAMION		SEMI TRAYLER		TRAYLER		TOTAL 15 MIN		
	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	
7:00-7:15	12	32	6	19	6	9	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	60
7:15-7:30	19	37	16	19	11	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	66
7:30-7:45	56	42	31	27	22	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	77
7:45-8:00	62	40	50	29	16	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	128	78
8:00-8:15	31	34	12	21	9	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52	60
8:15-8:30	19	29	16	12	3	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38	48
8:30-8:45	22	21	9	17	3	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34	44
8:45-9:00	12	15	12	13	6	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	35
12:00-12:15	22	8	3	9	9	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34	21
12:15-12:30	19	13	0	12	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	30
12:30-12:45	16	16	0	15	9	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	42
12:45-13:00	9	14	19	11	12	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	36
13:00-13:15	12	19	12	20	16	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43	50
13:15-13:30	12	21	25	14	19	9	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	59	45
13:30-13:45	19	19	16	16	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35	46
13:45-14:00	22	18	12	13	3	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37	38
18:00-18:15	25	18	19	9	6	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	32
18:15-18:30	39	16	16	12	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58	31
18:30-18:45	36	12	29	17	9	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	74	33
18:45-19:00	32	20	22	9	11	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65	34
19:00-19:15	34	19	25	11	13	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72	37
19:15-19:30	45	21	36	14	12	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	93	40
19:30-19:45	31	20	19	15	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54	39
19:45-20:00	37	17	12	10	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	51	32

FORMATO DE AFORO VEHICULAR

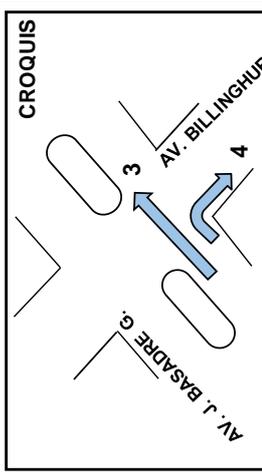
INTERSECCIÓN: AV. JORGE BASADRE GROHMANN - AV. BILLINGHURST
FECHA: Miércoles, 08 de Mayo del 2019
ACCESO: NORTE - SUR
ESTACIÓN: E-01



HORA	AUTOS		STATION WAGON		CAMIONETAS		MICRO		BUS		CAMION		SEMI TRAYLER		TRAYLER		TOTAL 15 MIN	
	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
7:00-7:15	32	10	115	10	31	3	18	0	16	0	5	0	1	0	0	0	218	23
7:15-7:30	29	9	148	8	43	5	29	0	12	0	8	0	0	0	0	0	269	22
7:30-7:45	32	16	137	7	60	7	34	0	19	0	11	0	1	0	0	0	294	30
7:45-8:00	35	9	119	3	66	17	32	0	26	0	9	0	1	0	0	0	288	29
8:00-8:15	38	13	120	3	49	10	41	0	21	0	9	0	0	0	0	0	278	26
8:15-8:30	34	5	125	7	40	12	30	0	15	0	10	0	0	0	0	0	254	24
8:30-8:45	35	6	127	13	47	7	36	0	11	0	8	3	0	0	0	0	264	29
8:45-9:00	27	8	126	6	47	8	31	0	9	0	13	3	0	0	0	0	253	25
12:00-12:15	25	6	153	11	49	12	27	0	11	0	6	0	0	0	0	0	271	29
12:15-12:30	29	9	119	0	29	10	34	0	2	0	0	0	0	0	0	0	213	19
12:30-12:45	16	7	140	7	32	9	23	0	7	0	9	3	0	0	0	0	227	26
12:45-13:00	38	9	148	10	41	8	18	0	9	0	1	0	0	0	0	0	255	27
13:00-13:15	27	6	110	13	27	7	23	0	5	0	1	0	0	0	0	0	193	26
13:15-13:30	41	3	137	17	29	3	27	0	1	0	2	0	0	0	0	0	237	23
13:30-13:45	47	6	81	15	22	0	18	0	1	0	3	0	0	0	0	0	172	21
13:45-14:00	27	8	94	12	38	4	16	0	8	0	7	0	0	0	0	0	190	24
18:00-18:15	25	10	83	10	40	0	20	0	1	0	0	0	0	0	0	0	169	20
18:15-18:30	16	8	131	11	54	3	11	0	6	0	2	0	0	0	0	0	220	22
18:30-18:45	20	12	140	7	27	0	7	0	4	0	5	0	0	0	0	0	203	19
18:45-19:00	14	7	117	10	29	7	14	0	3	0	1	0	0	0	0	0	178	24
19:00-19:15	13	5	81	16	31	0	25	0	0	0	1	0	0	0	0	0	151	21
19:15-19:30	27	11	59	13	16	3	23	0	2	0	2	0	0	0	0	0	129	27
19:30-19:45	25	10	72	7	11	7	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	137	24
19:45-20:00	23	7	58	18	25	3	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	122	28

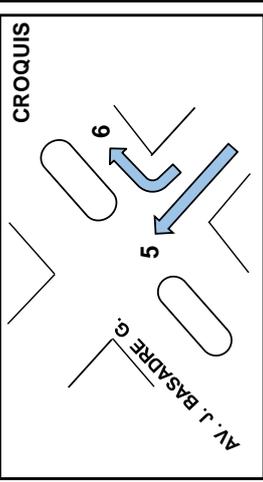
FORMATO DE AFORO VEHICULAR

INTERSECCIÓN: AV. JORGE BASADRE GROHMANN - AV. BILLINGHURST
FECHA: Miércoles, 08 de Mayo del 2019
ACCESO: SUR - NORTE
ESTACIÓN: E-02



HORA	AUTOS		STATION WAGON		CAMIONETAS		MICRO		BUS		CAMION		SEMI TRAYLER		TRAYLER		TOTAL 15 MIN	
	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO
7:00-7:15	44	19	157	9	42	9	25	0	12	0	20	0	7	0	1	0	308	37
7:15-7:30	45	12	201	8	17	19	49	0	15	0	7	0	12	0	0	0	346	39
7:30-7:45	37	16	153	19	93	10	64	0	19	0	17	0	10	0	2	0	395	45
7:45-8:00	34	16	161	3	98	16	44	0	25	0	14	0	16	0	1	0	393	35
8:00-8:15	41	13	151	3	71	15	50	0	22	0	27	0	11	0	1	0	374	31
8:15-8:30	70	16	115	6	86	3	47	0	19	0	20	0	13	0	0	0	370	25
8:30-8:45	76	12	113	13	91	6	49	0	5	0	22	0	0	0	0	0	356	31
8:45-9:00	37	9	172	6	64	13	42	0	13	0	17	3	5	0	1	0	351	31
12:00-12:15	34	12	208	13	66	8	37	0	3	0	34	3	0	0	0	0	382	36
12:15-12:30	39	9	162	0	39	9	47	0	4	0	17	0	0	0	0	0	308	18
12:30-12:45	22	15	191	16	44	11	32	0	14	0	12	0	0	0	1	0	316	42
12:45-13:00	51	18	201	12	56	8	25	0	6	0	27	0	0	0	0	0	366	38
13:00-13:15	37	16	149	13	37	6	32	0	8	0	15	3	5	0	0	0	283	38
13:15-13:30	56	13	186	16	39	3	37	0	2	0	20	0	2	0	0	0	342	32
13:30-13:45	64	8	110	28	29	0	25	0	1	0	20	3	5	0	1	0	255	39
13:45-14:00	37	8	127	25	51	9	22	0	1	0	15	0	0	0	0	0	253	42
18:00-18:15	34	18	113	9	54	0	27	0	1	0	2	0	15	0	0	0	246	27
18:15-18:30	22	19	179	19	74	3	15	0	3	0	12	0	5	0	5	0	315	41
18:30-18:45	27	28	191	13	37	0	10	0	2	0	12	0	12	0	0	0	291	41
18:45-19:00	20	15	159	19	39	6	20	0	0	0	20	0	0	0	0	0	258	40
19:00-19:15	17	19	110	25	42	0	34	0	5	0	7	0	5	0	5	0	225	44
19:15-19:30	37	13	81	13	22	3	32	0	0	0	17	0	0	0	0	0	189	29
19:30-19:45	34	19	98	6	15	6	39	0	0	0	2	0	10	0	0	0	198	31
19:45-20:00	32	6	78	19	34	3	22	0	0	0	17	0	0	0	2	0	185	28

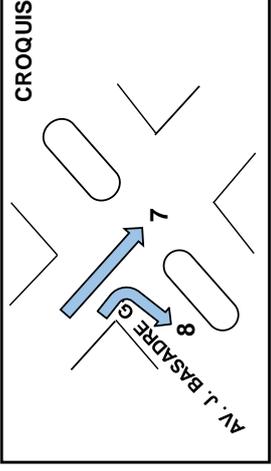
HORA		AUTOS		STATION WAGON		CAMIONETAS		MICRO		BUS		CAMION		SEMI TRAYLER		TRAYLER		TOTAL 15 MIN		
		FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	
7:00-7:15		14	25	51	12	14	12	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	80	49
7:15-7:30		13	12	66	8	16	4	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	97	24
7:30-7:45		12	21	56	9	24	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92	48
7:45-8:00		12	18	51	15	36	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	99	49
8:00-8:15		17	16	62	4	37	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	116	34
8:15-8:30		20	19	69	21	28	15	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	118	55
8:30-8:45		19	29	65	16	30	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	115	53
8:45-9:00		12	12	56	8	21	16	0	0	0	4	1	0	1	0	0	0	0	91	40
12:00-12:15		11	9	68	16	22	27	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	102	52
12:15-12:30		13	8	53	10	13	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	79	30
12:30-12:45		7	12	62	11	14	29	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	84	52
12:45-13:00		17	13	66	25	18	16	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	102	54
13:00-13:15		12	10	49	16	12	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	73	34
13:15-13:30		18	6	61	21	13	4	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	94	31
13:30-13:45		21	15	36	37	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67	52
13:45-14:00		12	13	32	23	17	12	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	62	48
18:00-18:15		11	17	37	12	18	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	68	29
18:15-18:30		7	19	58	25	24	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	90	48
18:30-18:45		9	27	62	16	12	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	85	43
18:45-19:00		6	14	52	25	13	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71	47
19:00-19:15		6	15	36	33	14	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	57	48
19:15-19:30		12	12	26	16	7	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45	32
19:30-19:45		11	25	32	8	5	8	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	49	41
19:45-20:00		10	8	26	25	11	4	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	48	37



FORMATO DE AFORO VEHICULAR

INTERSECCIÓN: AV. JORGE BASADRE GROHMANN - AV. BILLINGHURST
FECHA: Lunes, 06 de Mayo del 2019
ACCESO: OESTE - ESTE
ESTACIÓN: E-03

FORMATO DE AFORO VEHICULAR														CROQUIS						
HORA	AUTOS		STATION WAGON		CAMIONETAS		MICRO		BUS		CAMION		SEMI TRAYLER		TRAYLER		TOTAL 15 MIN			
	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO	FRENTE	GIRO		
7:00-7:15	12	42	43	21	11	21	0	0	0	0	7	8	0	0	7	8	7	8	84	
7:15-7:30	11	21	55	14	6	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72	47
7:30-7:45	10	45	58	42	28	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	96	101
7:45-8:00	9	33	53	11	27	35	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90	79
8:00-8:15	14	28	52	12	24	52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90	92
8:15-8:30	20	36	58	35	23	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	101	113
8:30-8:45	21	32	48	28	25	14	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	95	74
8:45-9:00	10	21	47	14	17	28	0	0	0	7	1	0	1	0	1	0	0	0	77	70
12:00-12:15	9	19	57	28	18	63	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	85	110
12:15-12:30	11	21	44	0	11	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	66	42
12:30-12:45	6	26	52	35	12	49	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	72	110
12:45-13:00	14	42	55	42	15	28	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	87	112
13:00-13:15	10	35	41	28	10	14	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	62	77
13:15-13:30	15	28	51	35	11	7	0	0	0	0	1	7	1	0	1	0	0	0	80	77
13:30-13:45	17	37	30	63	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	55	100
13:45-14:00	10	26	35	56	14	21	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	60	103
18:00-18:15	9	25	31	21	15	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	58	46
18:15-18:30	16	54	49	42	20	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	86	103
18:30-18:45	12	53	52	28	10	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	77	81
18:45-19:00	21	47	54	42	11	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	86	103
19:00-19:15	12	42	60	56	11	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	84	98
19:15-19:30	10	28	38	28	6	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54	63
19:30-19:45	9	42	37	14	4	14	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	52	70
19:45-20:00	9	14	21	42	9	7	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	41	63



INTERSECCIÓN: AV. JORGE BASADRE GROHMANN - AV. BILLINGHURST
FECHA: Viernes, 10 de Mayo del 2019
ACCESO: ESTE - OESTE
ESTACIÓN: E-04

MATRIZ DE CONSISTENCIA					
“EVALUACIÓN DEL FLUJO VEHICULAR PARA LA OPTIMIZACIÓN NIVEL DE SERVICIO EN LAS INTERSECCIONES DE LA AVENIDA JORGE BASADRE GROHMANN SUR, TRAMO AVENIDA BILLINGHURST - AVENIDA BASADRE Y FORERO - TACNA, 2019”					
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGÍA
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS PRINCIPAL	VARIABLE INDEPENDIENTE	INDICADORES	POBLACIÓN
¿De qué manera se pueden mejorar las condiciones del flujo vehicular empleando el Software Synchro 8.0 en las intersecciones de la avenida Jorge Basadre Grohmann sur, tramo Avenida Billinghamurst - Avenida Basadre y Forero - Tacna, 2019?	Mejorar las condiciones del flujo vehicular utilizando el Software Synchro 8.0 en las intersecciones de la avenida Jorge Basadre Grohmann sur, tramo Avenida Billinghamurst - Avenida Basadre y Forero - Tacna, 2019.	El estudio de las intersecciones de la avenida Jorge Basadre Grohmann sur, tramo Avenida Billinghamurst - Avenida Basadre y Forero, permitirá identificar la problemática actual para su análisis según el estado del área de estudio, continuando con la optimización de las condiciones del flujo vehicular utilizando el Software Synchro 8.0 en - Tacna, 2019.	Flujo Vehicular	Flujo de tránsito	La población está constituida por todos los vehículos ligeros como autos, station wagon, camionetas y micros; y vehículos pesados como buses, camiones, semi trayler y trayler, que circulan en las intersecciones de la avenida Jorge Basadre Grohmann sur, tramo avenida Billinghamurst - avenida Basadre y Forero - Tacna, 2019.
				Sistema vial urbano	
				Clasificación vehicular	
				Semaforización	
				Flujo vehicular (aforo vehicular)	
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECIFICAS	VARIABLE DEPENDIENTE	INDICADORES	MUESTRA
¿Cuál es el incremento del parque automotor que se presenta en las intersecciones de la avenida Jorge Basadre Grohmann	Identificar el incremento del parque automotor que se presenta en las intersecciones de la avenida Jorge Basadre Grohmann	Determinado el aforo vehicular y su análisis en el software Synchro en las intersecciones de la Avenida Jorge Basadre Grohmann sur con Avenida Pinto -	Nivel de servicio	A	Se considera como muestra a la cantidad de flujo vehicular según su clasificación, como vehículos ligeros y pesados, obtenida en los periodos de 7:00 a
				B	
				C	
				D	
				E	

sur, tramo Avenida Billinghamurst - Avenida Basadre y Forero - Tacna, 2019?	sur, tramo Avenida Billinghamurst - Avenida Basadre y Forero - Tacna, 2019.	Tacna, 2019 se presenta un nivel de servicio F.		F	9:00, 12:00 a 14:00 y 18:00 a 20:00 horas, que circulan en las intersecciones de la avenida Jorge Basadre Grohmann sur, tramo avenida Billinghamurst - avenida Basadre y Forero - Tacna, 2019, en las horas punta según los resultados obtenidos.
¿Cuánto mejora la calidad del flujo vehicular, cambiando los tiempos en los semáforos empleando el Software Synchro 8.0, de las intersecciones de la avenida Jorge Basadre Grohmann sur, tramo Avenida Billinghamurst - Avenida Basadre y Forero - Tacna, 2019?	Determinar cuánto mejora la calidad del flujo vehicular cambiando los tiempos en los semáforos con el Software Synchro 8.0 en las intersecciones de la avenida Jorge Basadre Grohmann sur, tramo Avenida Billinghamurst - Avenida Basadre y Forero - Tacna, 2019.	Realizado el análisis en el software Synchro de las intersecciones de la avenida Jorge Basadre Grohmann sur, tramo Avenida Billinghamurst - Avenida Basadre y Forero, se obtiene una mejora en el nivel de servicio al cambiar las fases de semaforización.		Modificación de carriles	
¿Cómo afecta el tráfico de vehículos pesados en las intersecciones de la avenida Jorge Basadre Grohmann sur, tramo Avenida Billinghamurst - Avenida Basadre y Forero - Tacna, 2019?	Analizar cómo afecta el tráfico de vehículos pesados en las intersecciones de la avenida Jorge Basadre Grohmann sur, tramo Avenida Billinghamurst - Avenida Basadre y Forero - Tacna, 2019.	La cantidad de vehículos pesados que circulan en las intersecciones de la avenida Jorge Basadre Grohmann sur, tramo Avenida Billinghamurst - Avenida Basadre y Forero - Tacna, 2019 produce una notable congestión debido a la baja velocidad con la que estos circulan.		Desvío de vehículos pesados	

